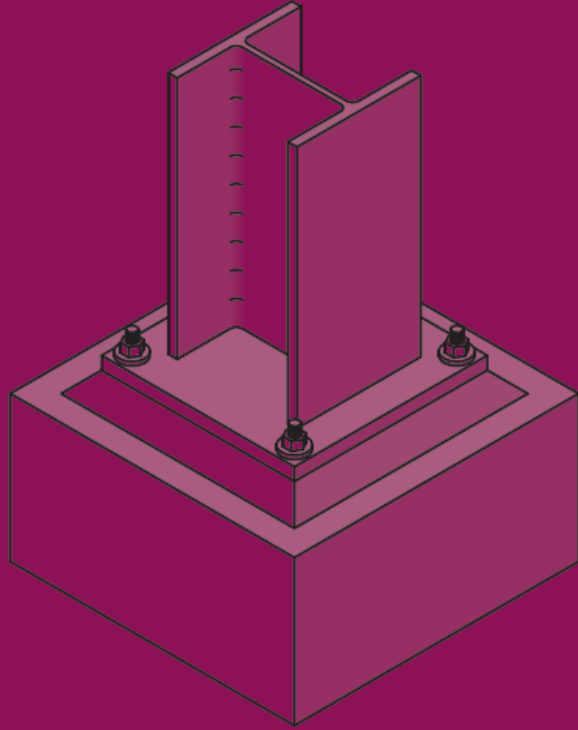




Base Plate Design as per The Latest AISC Design Guide

We ❤️ Steel Construction

2nd Mini Course
March 11, 2026

Design Guide 1

Base Connection Design for Steel Structures

Third Edition



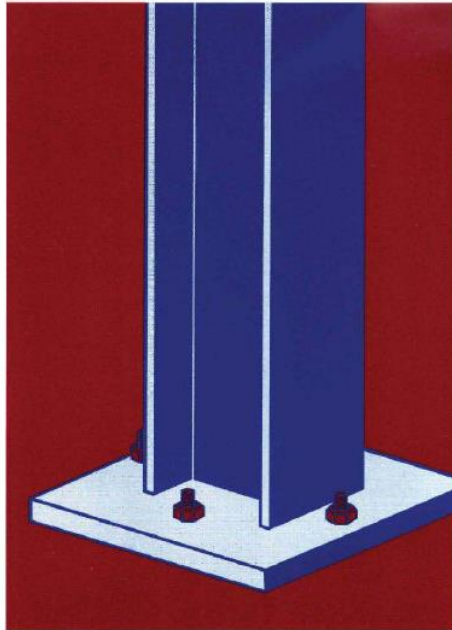
Smarter.
Stronger.
Steel.





Steel Design Guide Series

Column Base Plates



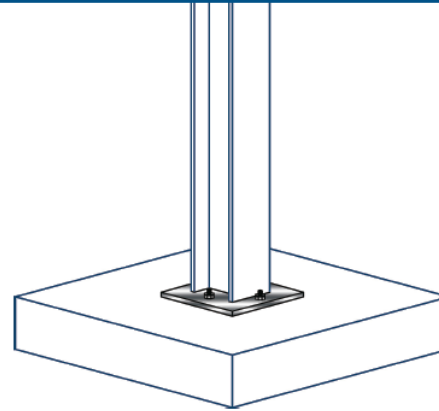
DG1 (1st ED: 1990), 60 pages PDF



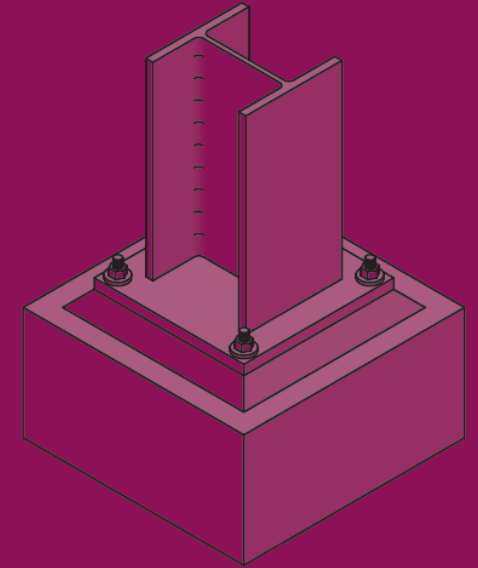
Steel Design Guide

Base Plate and Anchor Rod Design

Second Edition



DG1 (2nd ED: 2006), 69 pages PDF



Design Guide 1

Base Connection Design for Steel Structures

Third Edition



Smarter.
Stronger.
Steel.

DG1 (3rd ED: 2024), 220 pages PDF

[#WeLoveSteelConstruction](https://twitter.com/WeLoveSteelConstruction)

$$f_{1,2} = \frac{P}{BN} \pm \frac{M c}{I}$$

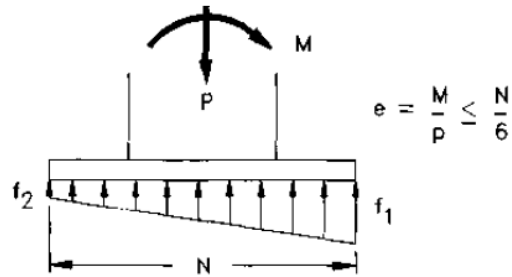


Fig. 11. Small Eccentricity - Bearing on Full Plate

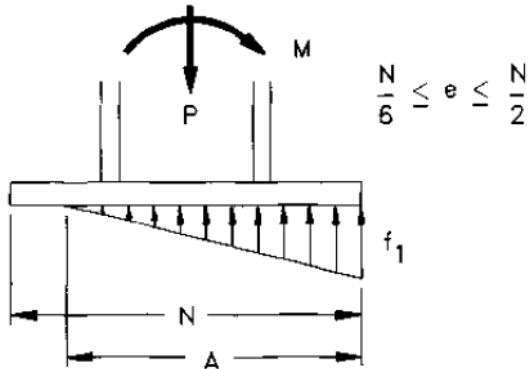


Fig. 12. Moderate Eccentricity - Bearing on Partial Plate

DG1 (1st ED: 1990), 60 pages PDF

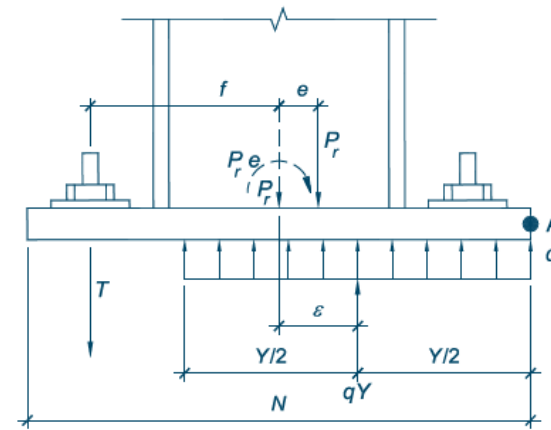


Figure 3.3.1. Base plate with small moment.

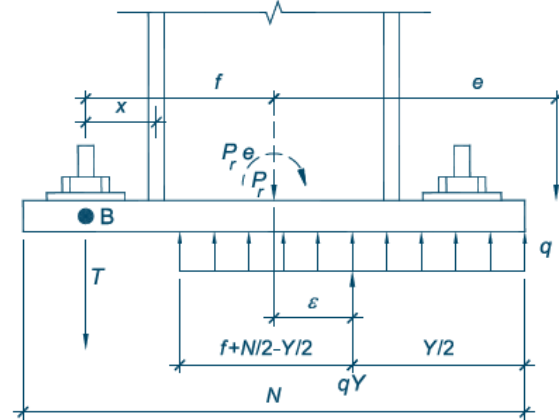


Figure 3.4.1. Base plate with large moment.

DG1 (2nd ED: 2006), 69 pages PDF

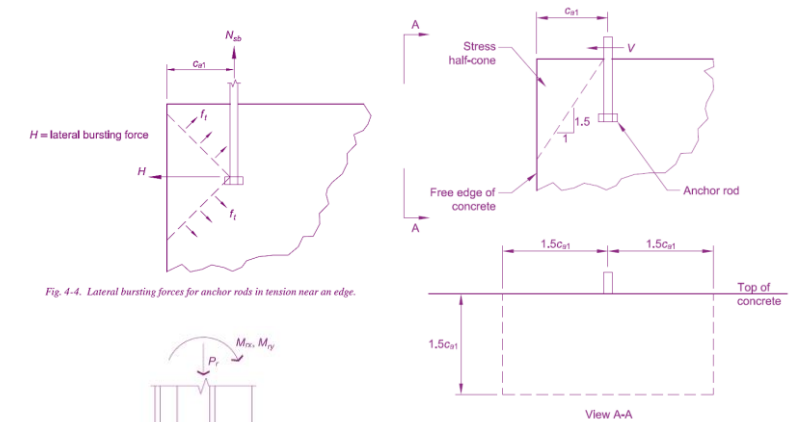


Fig. 4-4. Lateral bursting forces for anchor rods in tension near an edge.

Fig. 4-6. Concrete breakout cone for shear.

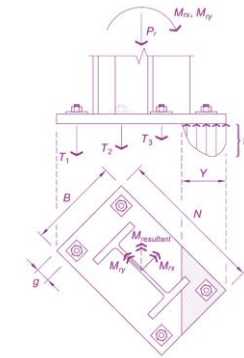


Fig. 4-10. Base plate subjected to biaxial bending resulting in static indeterminacy.

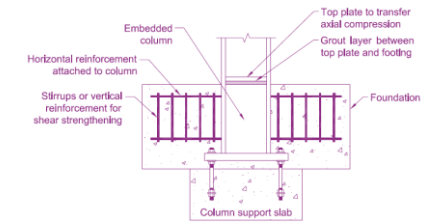


Fig. 5-1. Embedded base connection showing details.

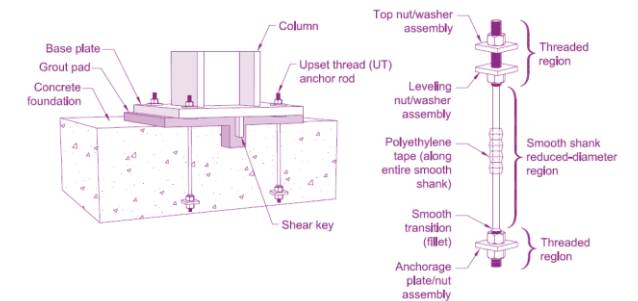


Fig. 6-1. Upset thread detail for weak-base seismic design.

DG1 (3rd ED: 2024), **220** pages PDF

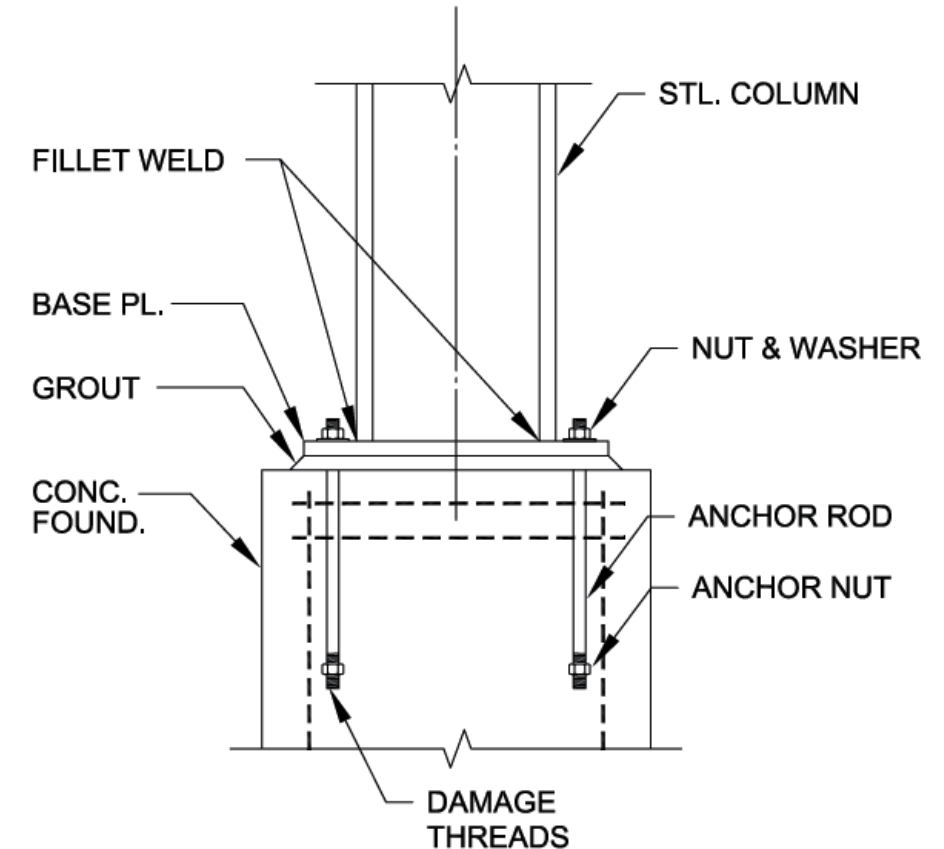
From AISC Design Guide 1, 2nd Edition

#WeLoveSteelConstruction

- แนวทางการออกแบบ หรือ Design guide โดย AISC นี้เป็น edition ที่ 2 ที่พัฒนาจาก 1st edition ปี 2006 โดยทั่วไป **Base plate ใช้เหล็ก standard grade ASTM A36 เทียบเท่า SS400** ยกเว้นจะสามารถหาเกรดอื่นได้ง่ายในท้องตลาด ก็สามารถใช้ได้ ส่วน **anchor rod** สามารถใช้เหล็กเกรดทั่วไป โดยในประเทศไทย ผู้ออกแบบสามารถเลือกได้หลากหลาย ทั้ง SS400 หรืออาจใช้เหล็กเกรดเทียบเท่า SD40 ($F_y = 4,000 \text{ ksc}$) เป็นต้น

ASTM Designations		Tensile Strength, F_u , ksi	Nominal Tensile Stress, $F_{nt} = 0.75F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (N-Type), $F_{nv} = 0.450F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (X-Type), $F_{nv} = 0.563F_u$, ksi	Maximum Diameter, in.
F1554	Gr. 36 ^[d]	58	43.5	26.1	32.7	4
	Gr. 55 ^[d]	75	56.3	33.8	42.2	4
	Gr. 105	125	93.8	56.3	70.4	3
A449		120	90.0	54.0	67.6	1
		105	78.8	47.3	59.1	1½
		90	67.5	40.5	50.7	3
A36/A36M		58	43.5	26.1	32.7	15
A354 Gr. BD		150	113	67.5	84.5	4

^[a] Nominal stress on unthreaded body area of threaded part (gross area)
^[b] Threads excluded from shear plane
^[c] Threads included in shear plane
^[d] Preferred material specification



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 3rd edition

From AISC Design Guide 1, 2nd Edition

#WeLoveSteelConstruction

- ขนาด diameter ของ anchor rod ต้องสัมพันธ์กับ ขนาดของรูเจาะใน base plate โดยเพื่อให้สามารถติดตั้งได้โดยง่าย ควรเตรียมรูเจาะขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน หรือ **oversized hole** (ใหญ่กว่าขนาด diameter ของ anchor ประมาณ 5–6 mm) และควรเตรียมแหวนรอง (**washer**) ให้มีขนาดและความหนาที่เหมาะสมกับขนาดของรูเจาะ และทำการ**ขันแน่น (ขัน torque) ที่หน้างาน**

Table 2.3. Recommended Sizes for Anchor Rod Holes in Base Plates

Anchor Rod Diameter, in.	Hole Diameter, in.	Min. Washer Dimension, in.	Min. Washer Thickness, in.
$\frac{3}{4}$	$1\frac{5}{16}$	2	$\frac{1}{4}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{9}{16}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
1	$1\frac{13}{16}$	3	$\frac{3}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{16}$	3	$\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{5}{16}$	$3\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{3}{4}$	4	$\frac{5}{8}$
2	$3\frac{1}{4}$	5	$\frac{3}{4}$
$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$

Notes: 1. Circular or square washers meeting the size shown are acceptable.
2. Adequate clearance must be provided for the washer size selected.
3. See discussion below regarding the use of alternate $1\frac{1}{16}$ -in. hole size for $\frac{3}{4}$ -in.-diameter anchor rods, with plates less than $1\frac{1}{4}$ in. thick.



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Ref: www.shutterstock.com

From AISC Design Guide 1, 2nd Edition

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเกิด moment ที่ base plate จนถึงระดับหนึ่ง จะส่งผลทำให้ anchor rod ต้องรับแรงดึง ซึ่งต้องตรวจสอบกำลังต้านทานการถอนของคอนกรีต (**Concrete Pullout Strength**) ซึ่งพิจารณา bearing area ของ anchor rod head (อาจใช้แผ่นเหล็กมาช่วยเพิ่ม bearing area) **“ยิ่ง bearing area anchor ขนาดใหญ่มาก กำลังต้านทานการถอนของคอนกรีตยิ่งมาก”**
- นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณากำลังต้านทานการแตกของคอนกรีต (**Concrete Breakout Strength**) ด้วยรูปแบบการวิบัติแบบโคน ที่เรียกว่า Concrete Capacity Design (CCD) ทั้งนี้ CCD กำหนดกรอบในการพิจารณา anchor rod ที่เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2" (50 mm) และระยะฝังของ anchor rod ไม่เกิน 25" (63 cm)
- CCD เป็นการพิจารณารูปแบบการวิบัติที่ คอนกรีตถูกทำให้แตกออกมาเป็นโคน (cone failure) โดยเพื่อให้การพิจารณาไม่ซับซ้อน ลักษณะโคนจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำมุม 34 องศา (1:1.5) สะท้อนว่า **“ยิ่งระยะฝัง anchor ลึกมาก กำลังต้านทานการแตกของคอนกรีตยิ่งมาก”**

Concrete Pullout Strength

ACI concrete pullout strength is based on the ACI Appendix D provisions (Section D5.3):

$$\phi N_p = \phi \psi_4 A_{brg} 8 f_c'$$

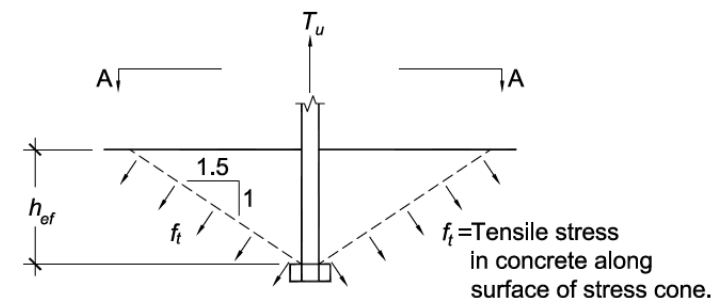
where

N_p = the nominal pullout strength

$$\phi = 0.7$$

$\psi_4 = 1.4$ if the anchor is located in a region of a concrete member where analysis indicates no cracking ($f_t - f_c$) at service levels, otherwise $\psi_4 = 1.0$

A_{brg} = the bearing area of the anchor rod head or nut, and f_c' is the concrete strength



Concrete Capacity Design (CCD)

Per ACI 318-02, Appendix D, the concrete breakout strength for a group of anchors is

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 24 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{1.5} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} < 11 \text{ in.}$$

and

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 16 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{5/3} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} \geq 11 \text{ in.}$$

where

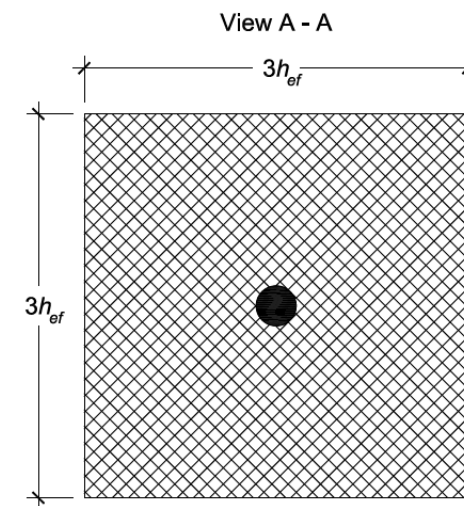
$$\phi = 0.70$$

$\psi_3 = 1.25$ considering the concrete to be uncracked at service loads, otherwise = 1.0

h_{ef} = depth of embedment, in.

A_N = concrete breakout cone area for group

A_{No} = concrete breakout cone area for single anchor



From AISC Design Guide 1, 2nd Edition

#WeLoveSteelConstruction

- กำลังต้านทานการถอนของคอนกรีต (**Concrete Pullout Strength**) มักจะไม่เป็น limit state ที่ control พฤติกรรมเท่าไรนัก โดย A_{brg} เป็นพื้นที่ของ anchor head หักออกจากพื้นที่ anchor rod ซึ่งเป็น bearing area ที่ต้านทานการถอนออก โดยการพิจารณาจะจำแนกส่วนที่ยึดกับ concrete ออกเป็น การยึดเข้ากับส่วนของคอนกรีตที่มีแนวโน้มจะแตกที่ระดับ service level กับกรณีที่คอนกรีตไม่มีแนวโน้มจะแตก
- กำลังต้านทานการแตกของคอนกรีต (**Concrete Breakout Strength**) ด้วยรูปแบบการวิบัติแบบโคน ที่เรียกว่า Concrete Capacity Design (CCD) เป็นสมการ empirical โดยการพิจารณาด้วยสมการที่แสดงนี้จะต้องสอดคล้องกับหน่วย psi สำหรับ f_c' และ inches สำหรับ h_{ef} (ระยะฝัง = depth of embedment)
- CCD ไม่ขึ้นกับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ anchor rod แต่ขึ้นกับระยะฝัง และการจัดวางตำแหน่งของ anchor rod เป็นสำคัญ

4.4 Example: Concrete Embedment Strength

Calculate the tensile design strength of the concrete for a single smooth 3/4-in.-diameter headed anchor rod with an embedment length of 6 in. The ACI concrete breakout design strength (using equation for $h_{ef} \leq 11$ in.) for uncracked 4,000 = psi concrete is

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 24 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{1.5} \frac{A_N}{A_{No}}$$

Assuming uncracked concrete, $\psi_3 = 1.25$. For a single rod, $A_N = A_{No}$.

$$\begin{aligned} \phi N_{cbg} &= 0.7(1.25) 24 \sqrt{4,000} (6)^{1.5} \\ &= 19,500 \text{ lb or } 19.5 \text{ kips} \end{aligned}$$

Note that the break out strength is theoretically independent of the size of the anchor rod. This embedment at only 6 in. is enough to make the design tensile strength of a Grade 36 anchor rod up to 3/4-in.-diameter govern the design.

As discussed in Section 3.2.2, the ACI pullout strength equations do not typically control provided that the anchor rod yield strength does not exceed 36 ksi. In this case, the pullout strength shown in Table 3.2 may be multiplied by 1.4 to obtain the pullout strength, as the concrete is uncracked. The resulting pullout strength is

$$\phi N_p = 1.4 \times 15.2 = 21.3 > 19.5$$

No equivalent ASD solution to this check exists in ACI 318-02.

Concrete Pullout Strength

ACI concrete pullout strength is based on the ACI Appendix D provisions (Section D5.3):

$$\phi N_p = \phi \psi_4 A_{brg} 8 f_c'$$

where

N_p = the nominal pullout strength

$$\phi = 0.7$$

$\psi_4 = 1.4$ if the anchor is located in a region of a concrete member where analysis indicates no cracking ($f_i - f_r$) at service levels, otherwise $\psi_4 = 1.0$

A_{brg} = the bearing area of the anchor rod head or nut, and f_c' is the concrete strength

Concrete Capacity Design (CCD)

Per ACI 318-02, Appendix D, the concrete breakout strength for a group of anchors is

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 24 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{1.5} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} < 11 \text{ in.}$$

and

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 16 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{5/3} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} \geq 11 \text{ in.}$$

where

$$\phi = 0.70$$

$\psi_3 = 1.25$ considering the concrete to be uncracked at service loads, otherwise = 1.0

h_{ef} = depth of embedment, in.

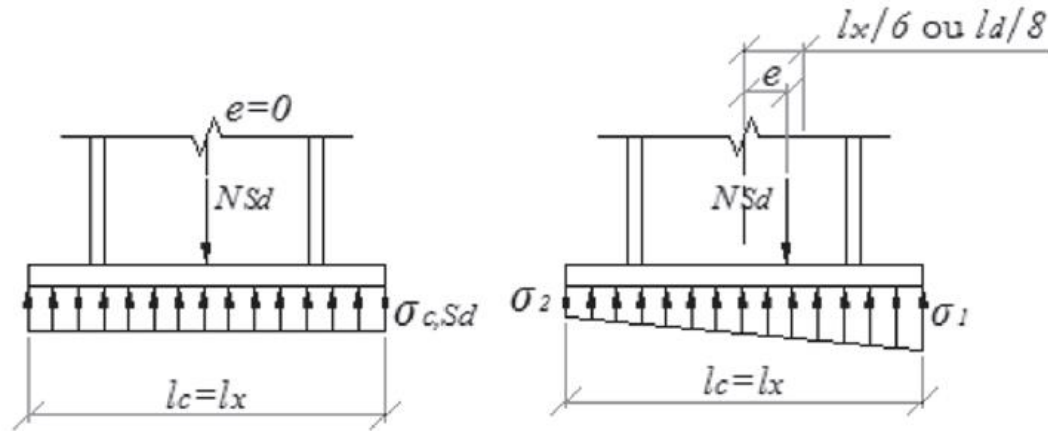
A_N = concrete breakout cone area for group

A_{No} = concrete breakout cone area for single anchor



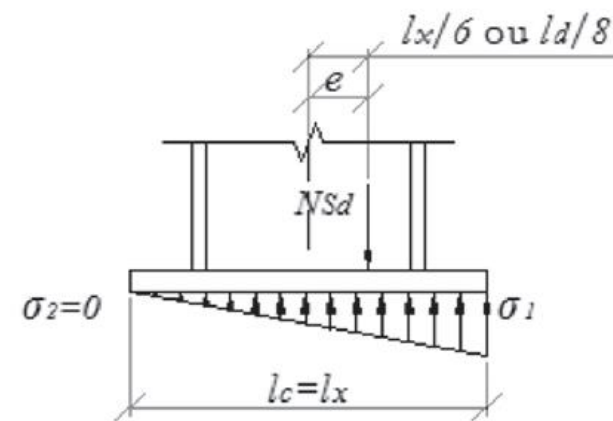
Force Distribution at Column Base

#WeLoveSteelConstruction

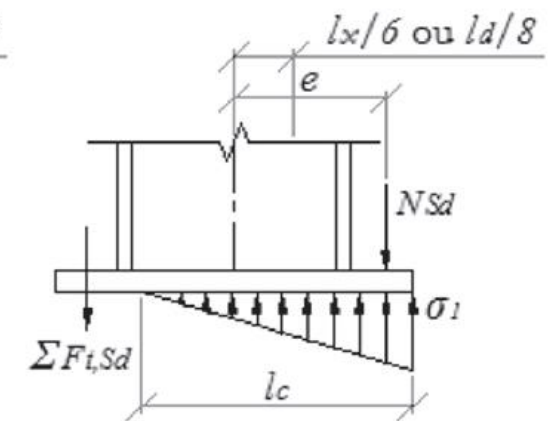


(a) Plate subject to compression

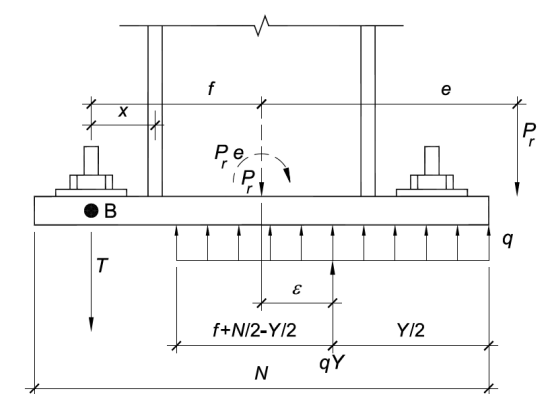
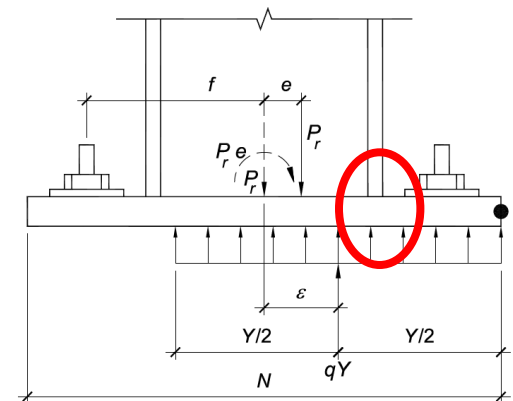
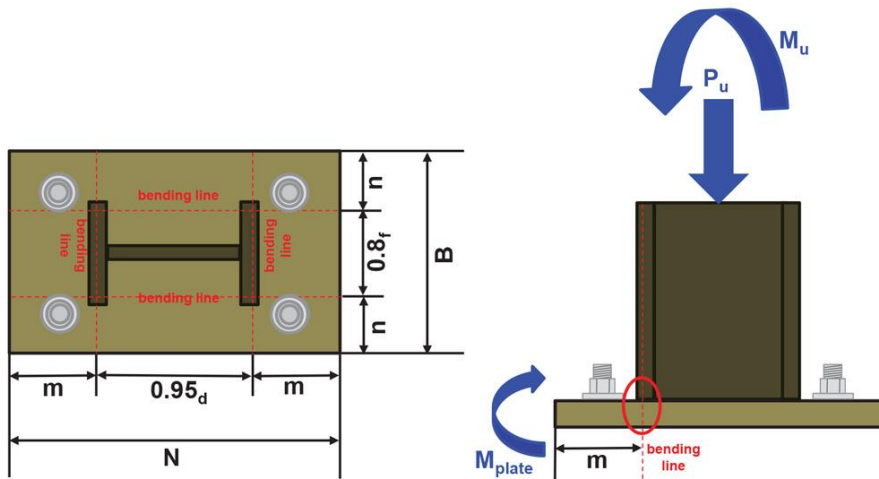
(b) Plate subject to compression with small moment



(c) Plate subject to compression with the limit moment



(d) Plate subject to compression with large moment



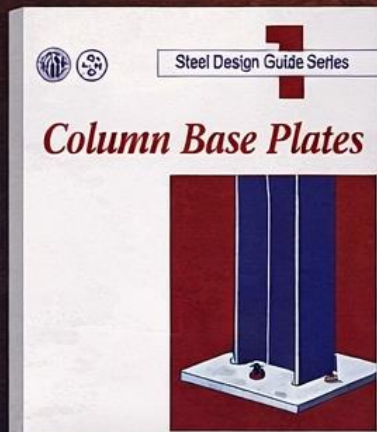
AISC Design Guide 1 **TIMELINE**

Evolution of AISC Design Guide 1 — Column Base Design



1990

1st Edition (1990)
60 Pages



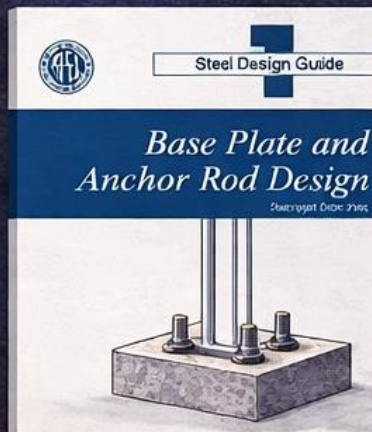
- Focus mainly on **BASE PLATE THICKNESS**
- Tabulated data for base plate under **COMBINED AXIAL BENDING**



Base Plate Design Focus

2006

2nd Edition (2006)
69 Pages



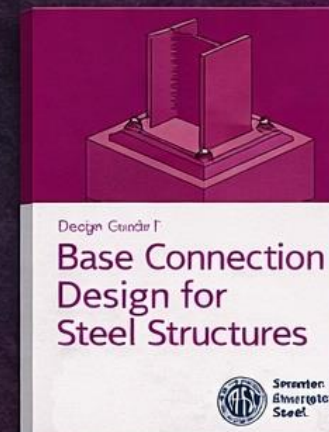
- Incorporate design of **ANCHOR RODS**
- Simplified stress distribution at **CONTACT FACES**



Anchor Rod Design Addition

2024

3rd Edition (2024)
220 Pages



- Expand failure modes & limit states
 - Incorporate **EMBEDDED COLUMN DESIGN**
 - Consider column bases as parts of **DUCTILE SYSTEM RESISTING**
- ➔ **Strong Base**

More conservative approach
- ➔ **Weak Base**

 - Special detail & simulation validation

AISC Design Guide 1 (1st, 1990) ➔ AISC Design Guide 1 (2nd, 2006) ➔ AISC Design Guide 1 (3rd, 2024)

Table of Content

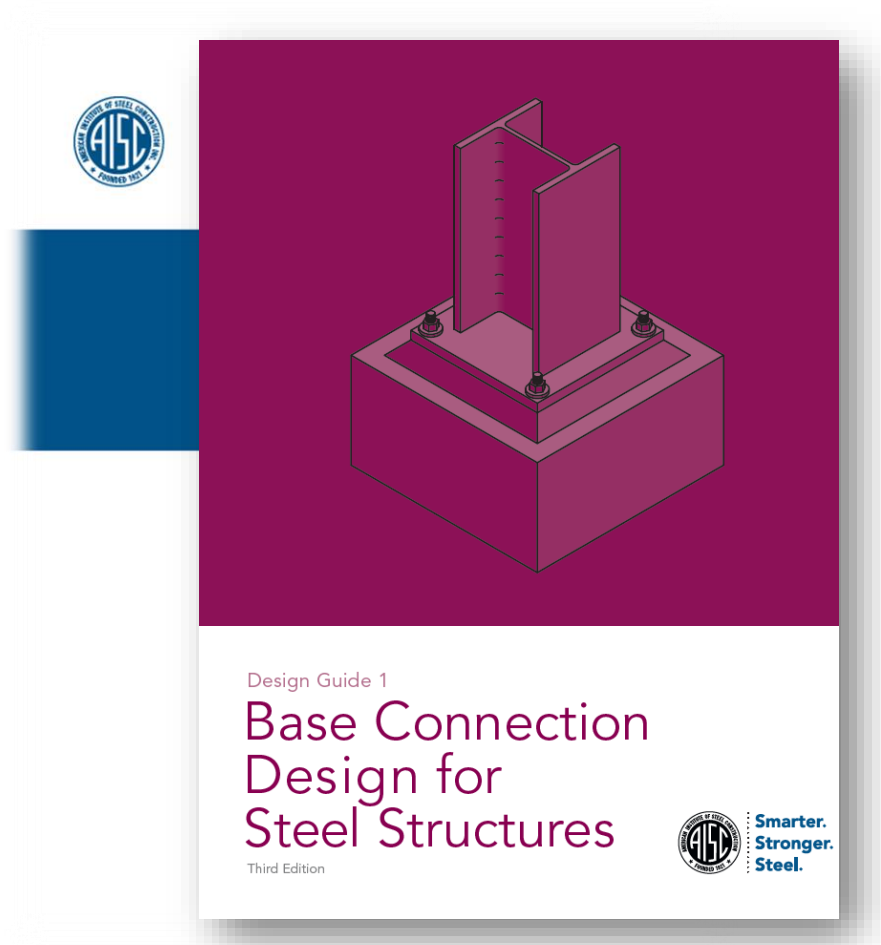
#WeLoveSteelConstruction

Table of Contents

CHAPTER 1 INTRODUCTION 1					
1.1 GENERAL 1					
1.2 HISTORY AND ADVANCEMENTS 2					
1.2.1 Previous Editions of Design Guide 1 and Research Synthesis 2					
1.2.2 Relevant Developments since the Publication of Design Guide 1, 2nd Ed. 4					
1.3 SCOPE, UPDATES, AND PREVIEW 5					
CHAPTER 2 MATERIALS—SPECIFICATIONS, SELECTION, AND OTHER CONSIDERATIONS 7					
2.1 BASE PLATE AND ANCHOR ROD MATERIAL SPECIFICATIONS 7					
2.2 BASE PLATE MATERIAL SELECTION 7					
2.3 ANCHOR ROD SELECTION (MATERIAL, TYPE, AND WELDABILITY) 7					
2.4 WELD MATERIALS 9					
2.5 GROUT MATERIALS 9					
2.6 CONCRETE MATERIALS 10					
CHAPTER 3 BASE SELECTION, DESIGN, AND SIMULATION 11					
3.1 OVERVIEW AND ORGANIZATION 11					
3.2 BASE CONNECTION CONFIGURATIONS 11					
3.2.1 Base Connections for Columns without Braces 11					
3.2.2 Base Connections for Columns with Braces 14					
3.3 INTERACTION OF BASE CONNECTIONS WITH FRAMES 15					
3.3.1 General Observations about Base Connection Load-Deformation Response 16					
3.3.2 Modeling Base Connections for Strong-Base Design 16					
3.3.3 Modeling Base Connections for Weak-Base Design 17					
CHAPTER 4 DESIGN OF EXPOSED COLUMN BASE CONNECTIONS 19					
4.1 OVERVIEW AND ORGANIZATION 19					
4.2 OVERALL DESIGN PROCESS AND FLOW 19					
4.3 LOAD COMBINATIONS 20					
4.3.1 Design for Axial Compression 20					
4.3.2 Design for Axial Tension 26					
4.3.3 Design for Shear 33					
4.3.4 Design for Combined Axial Tension and Shear 37					
4.3.5 Design for Combined Axial Compression and Shear 37					
4.3.6 Design for Bending 38					
4.3.7 Design for Combined Axial Compression and Bending 39					
4.3.8 Design for Combined Axial Tension and Bending 46					
4.3.9 Design for Combined Axial Compression, Bending, and Shear 47					
4.3.10 Design for Combined Axial Tension, Bending, and Shear 48					
4.3.11 Design for Combined Axial Compression and Biaxial Bending 48					
4.4 ANCHORAGE DESIGN FOR CONCRETE LIMIT STATES 49					
4.4.1 Approaches for Using Reinforcement to Strengthen Concrete Limit States 49					
4.4.2 Use of Strut-and-Tie Methodologies in Anchorage Design 53					
4.5 EXPOSED BASE PLATE CONNECTIONS—FABRICATION AND INSTALLATION 53					
4.5.1 Base Plate Fabrication and Finishing 53					
4.5.2 Base Plate Welding 54					
4.5.3 Anchor Rod Holes and Washers 55					
4.5.4 Anchor Rod Placement and Tolerances 57					
4.5.5 Column Erection Procedures 58					
4.5.6 Grouting Requirements 59					
4.6 EXPOSED COLUMN BASE CONNECTIONS—REPAIR AND FIELD FIXES 60					
4.6.1 Anchor Rods in the Wrong Position 60					
4.6.2 Anchor Rods Bent or Not Vertical 60					
4.6.3 Anchor Rod Projection Too Long or Too Short 60					
4.6.4 Anchor Rod Pattern Rotated 90° 64					
4.7 DESIGN EXAMPLES 64					
Example 4.7-1—Base Connection for Concentric Axial Compression Load (No Concrete Confinement) 64					
Example 4.7-2—Base Connection for Concentric Axial Compression Load (Using Concrete Confinement) 67					
Example 4.7-3—Base Connection for Concentric Axial Tension Load 70					
Example 4.7-4—Base Connection for Concentric Shear Load (Limited by Edge Distance) 76					
Example 4.7-5—Base Connection for Concentric Shear Load (Shear Lug Design) 80					
Example 4.7-6—Base Connection for Anchor Rods Resisting Combined Tension and Shear 91					
Example 4.7-7—Base Connection at Brace Producing Combined Tension and Shear 96					
Example 4.7-8—Base Connection at Brace Producing Combined Compression and Shear 104					
Example 4.7-9—Base Connection for Bending without Anchor Rod Tension 109					
Example 4.7-10—Base Connection for Bending (Low Moment) 115					
Example 4.7-11—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Large Moment) 118					
Example 4.7-12—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Large Moment) 125					
Example 4.7-13—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Low Moment) 127					
Example 4.7-14—Base Connection for Biaxial Bending with Axial Compression 130					
Example 4.7-15—Anchor Reinforcement Design 134					
CHAPTER 5 DESIGN OF EMBEDDED BASE CONNECTIONS 141					
5.1 CONTEXT FOR USE OF EMBEDDED BASE CONNECTIONS 141					
5.2 CONNECTION CONFIGURATIONS AND LOAD RESISTANCE MECHANISMS 141					
5.2.1 Type I Connections 143					
5.2.2 Type II Connections 145					
5.3 DESIGN METHOD FOR COMBINED BENDING, SHEAR, AND AXIAL FORCE 147					
Example 5.3-1—Embedded Base Connection for Bending, Shear, and Axial Compression 148					
5.4 FABRICATION AND INSTALLATION 150					
CHAPTER 6 DESIGN OF COLUMN BASE CONNECTIONS FOR SEISMIC LOADING 151					
6.1 OVERVIEW AND ORGANIZATION 151					
6.2 SEISMIC PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR COLUMN BASES 151					
6.3 INFLUENCE OF GRADE BEAMS AND OTHER FOOTING EFFECTS 154					
6.4 DESIGN METHOD FOR SEISMIC DESIGN OF COLUMN BASE CONNECTIONS IN MOMENT FRAMES 154					
6.4.1 Strong-Base Design for Seismic Conditions 154					
6.4.2 Weak-Base Design for Seismic Conditions 155					
Example 6.4-1—Weak-Base Design of a Base Plate Connection with Ductile Anchor Rods 156					
6.5 SEISMIC DESIGN OF BRACED FRAME BASE PLATE CONNECTIONS 161					
APPENDIX A SPECIAL CONSIDERATIONS FOR DOUBLE-NUT JOINTS, PRETENSION JOINTS, AND SPECIAL STRUCTURES 163					
A.1 DESIGN REQUIREMENTS 163					
A.1.1 Compression Limit State for Anchor Rods 163					
A.1.2 Tensile Fatigue Limit State for Anchor Rods 163					
A.2 INSTALLATION REQUIREMENTS FOR PRETENSIONED JOINTS 167					
A.2.1 Double-Nut Joints 167					
A.2.2 Pretensioned Joints 170					
A.3 INSPECTION AND MAINTENANCE AFTER INSTALLATION 170					
APPENDIX B ALTERNATE METHODS FOR DESIGN 173					
B.1 CONTEXT AND MOTIVATION 173					
B.2 TRIANGULAR PRESSURE DISTRIBUTION 173					
B.2.1 Introduction 173					
B.2.2 Determining Required Base Plate Thickness from Required Strength 174					
B.2.3 Determination of Required Stress and Effects of Eccentricity 174					
B.2.4 Design Procedure 175					
Example B.2-1—Base Connection for Bending without Anchor Rod Tension (Low Moment), Triangular Pressure Distribution 179					
Example B.2-2—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Large Moment), Triangular Pressure Distribution 182					
B.3 DESIGN OF BASE PLATES UNDER AXIAL COMPRESSION CONSIDERING FLEXIBILITY 186					
Example B.3-1—Base Connection for Concentric Axial Compression Load (with Concrete Confinement) 187					
B.4 DESIGN OF BASE PLATE BEARING INTERFACE UNDER TWO-WAY BENDING 188					
APPENDIX C GUIDANCE FOR SIMULATING COLUMN BASE CONNECTIONS IN STRUCTURAL ANALYSIS 189					
C.1 INTRODUCTION 189					
C.2 ROTATIONAL STIFFNESS MODELS 189					
C.2.1 Estimation of Rotational Stiffness for Exposed Column Base Connections 190					
C.2.2 Estimation of Rotational Stiffness for Shallowly Embedded or Blockout Base Connections 192					
C.2.3 Estimation of Rotational Stiffness for Embedded Base Connections 193					
C.3 COMMENTARY REGARDING HYSTERETIC PROPERTIES OF BASE CONNECTIONS 193					
C.3.1 Physics of Connection Response 194					
C.3.2 Simulating Base Connection Hysteretic Response 196					
APPENDIX D GUIDANCE FOR THE USE OF FINITE ELEMENT ANALYSIS FOR BASE PLATE ANALYSIS AND DESIGN, FOCUSED ON EXPOSED COLUMN BASE CONNECTION DETAILS 197					
D.1 CONTEXT AND MOTIVATION 197					
D.2 PROBLEM SCOPE AND STATEMENT 197					
D.3 MODEL CONSTRUCTS 197					
D.4 GEOMETRY, BOUNDARY CONDITIONS, AND CONTACT/INTERACTIONS 198					
D.4.1 Representation of Geometry Components 198					
D.4.2 Application of Boundary Conditions and Loads 199					
D.4.3 Interactions between Various Components 200					
D.5 FINITE ELEMENT TYPES AND MATERIAL PROPERTIES 200					
D.6 VERIFICATION OF RESULTS 201					
D.7 INTERPRETATION OF RESULTS 202					
REFERENCES 203					

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

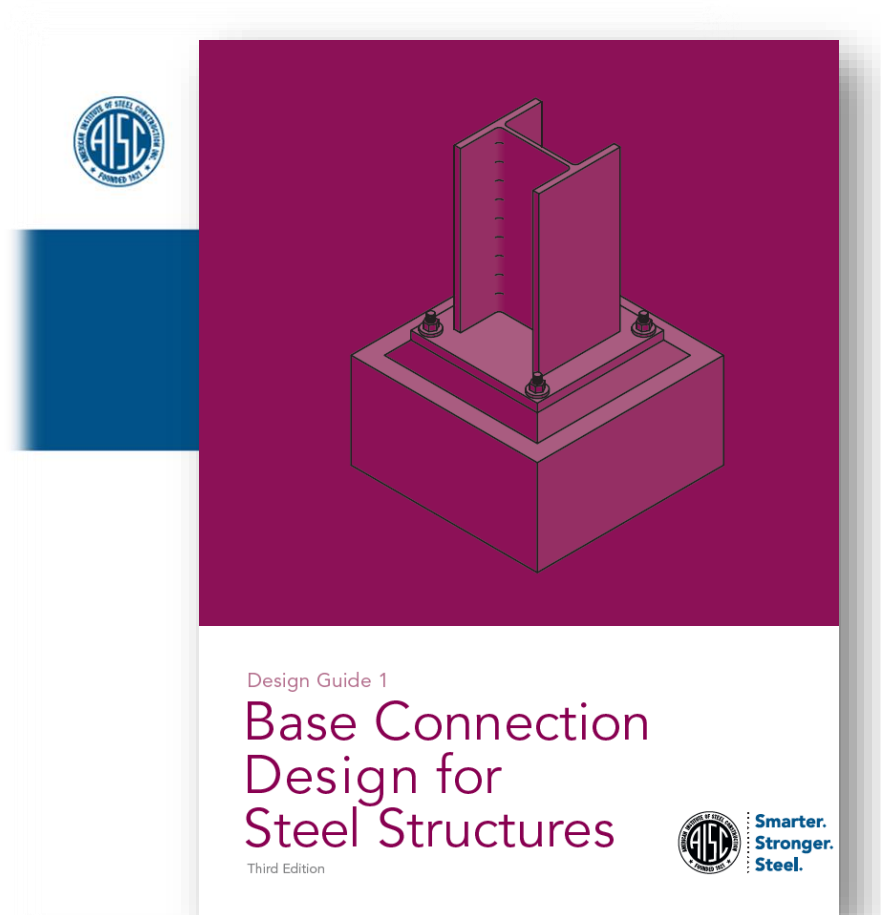


The title of the Design Guide has been changed to “**Base Connection Design for Steel Structures**” to reflect the expanded scope of the new edition.

เปลี่ยนชื่อจาก Base Plate and Anchor Rod Design ไปเป็น **Base Connection Design for Steel Structures** ให้สะท้อนเนื้อหาที่ขยายขอบเขตเพิ่มเติมยิ่งขึ้น

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

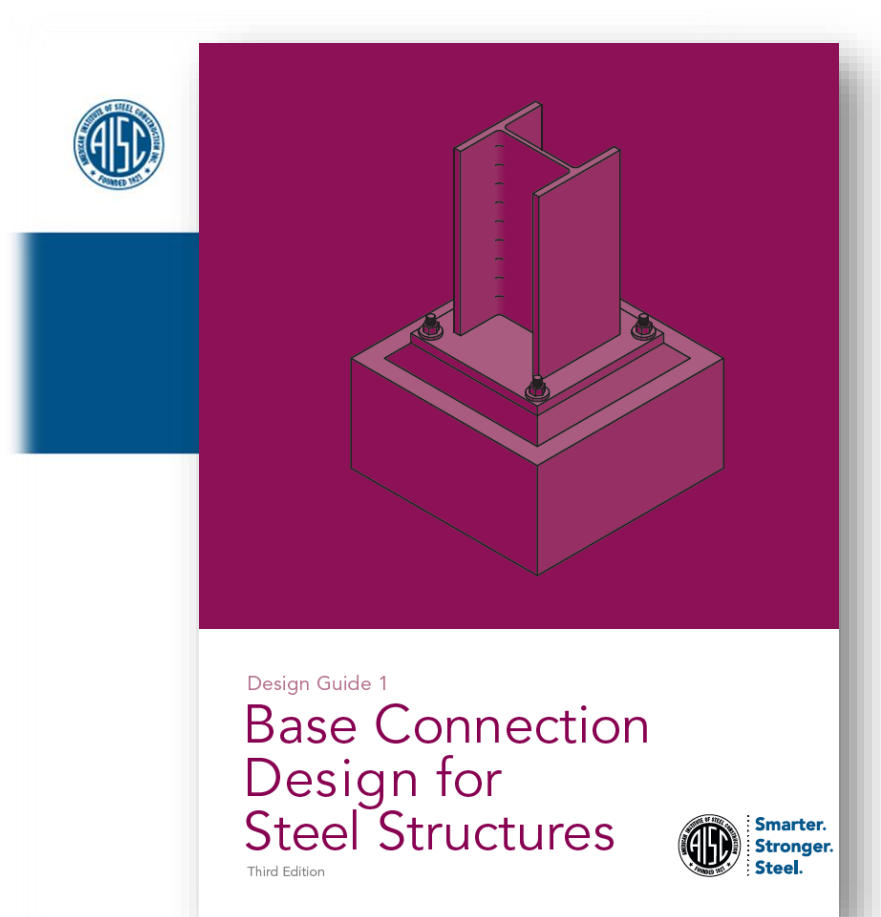


A new chapter (**Chapter 3: Base Selection, Design and Simulation**) is included to establish the relationship between the structure and base connection to provide context for connection selection, design, and simulation.

เพิ่มเติมหัวข้อใหม่อีก 1 บท (**บทที่ 3 การเลือกระบบฐาน การออกแบบ และแบบจำลอง**) เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง โครงสร้างและระบบฐานรองรับ อันเกี่ยวข้องกับ การเลือกระบบจุดต่อ การออกแบบ และการทำแบบจำลอง

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction



Chapter 4: Design of Exposed Column Base Connections in this edition (which addresses column base plate connection design) is now particularized to column base plate connections with some modifications; broadly, this was the topic of Chapter 3 of the second edition. A new section is introduced to address base plate connections subjected to biaxial bending and axial compression.

บทที่ 4: การออกแบบจุดต่อฐานเสา (เกี่ยวกับการออกแบบแผ่นฐาน ซึ่งเดิมที่เป็นบทที่ 3 ของ 2nd Edition) ได้รับการปรับปรุง ให้ครอบคลุมแผ่นฐานที่ต้องรับโมเมนต์ดัด 2 แกน ไปพร้อมกับแรงอัด (biaxial bending and axial compression)

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

Concrete Pullout Strength

ACI concrete pullout strength is based on ACI 318, Section 17.6.3.

For cast-in headed anchor rods

$$\phi N_{pn} = \phi \psi_{c,P} (8 A_{brg} f'_c)$$

where

A_{brg} = net bearing area of the anchor rod head or nut, in.²

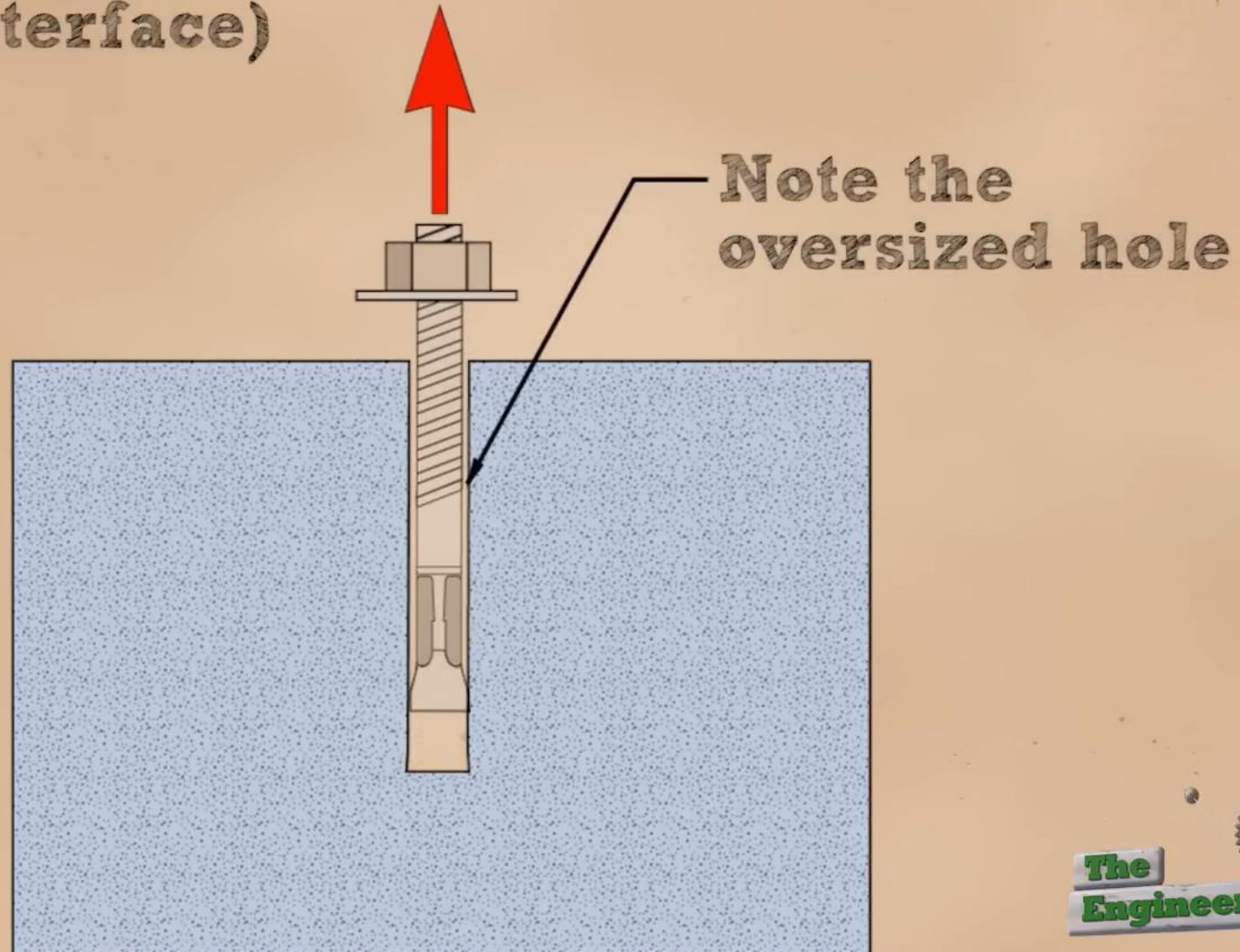
f'_c = specified compressive strength of concrete, psi

ϕ = 0.70 per ACI 318, Table 17.5.3(c)

$\psi_{c,P}$ = 1.4 if the anchor is located in a region of a concrete member where analysis indicates no cracking at service levels,
otherwise $\psi_{c,P}$ = 1.0.

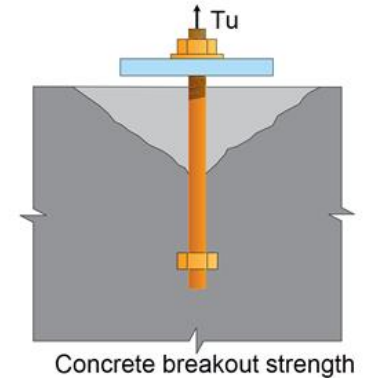
Table 4-2. Anchor Rod Concrete Pullout Strength (LRFD Only)					
Rod Diameter, in.	Rod Area, A_{br} , in. ²	Heavy Hex Nut Bearing Area, A_{brg} , in. ²	Design Concrete Pullout Strength, ϕN_{pn} , kips		
			$f'_c = 3,000$ psi	$f'_c = 4,000$ psi	$f'_c = 5,000$ psi
9/16	0.307	0.671	11.3	15.0	18.8
3/4	0.442	0.911	15.3	20.4	25.5
7/8	0.601	1.19	20.0	26.7	33.3
1	0.785	1.50	25.2	33.6	42.0
1 1/8	0.994	1.85	31.1	41.4	51.8
1 1/4	1.23	2.24	37.6	50.2	62.7
1 1/2	1.77	3.12	52.4	69.9	87.4
1 3/4	2.41	4.14	69.6	92.7	116
2	3.14	5.32	89.4	119	149
2 1/4	3.98	6.63	111	149	186
2 1/2	4.91	8.10	136	181	227
2 3/4	5.94	9.70	163	217	272
3	7.07	11.5	193	258	322
3 1/4	8.30	13.4	225	300	375
3 1/2	9.62	15.4	259	345	431
3 3/4	11.0	17.6	296	394	493
4	12.6	19.9	334	446	557
Note: Bold values above the heavy line indicate the available pullout capacity exceeds the available steel strength of the anchor rod in tension for ASTM F1554 Gr. 36.					

Concrete Failure (interface)



Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction



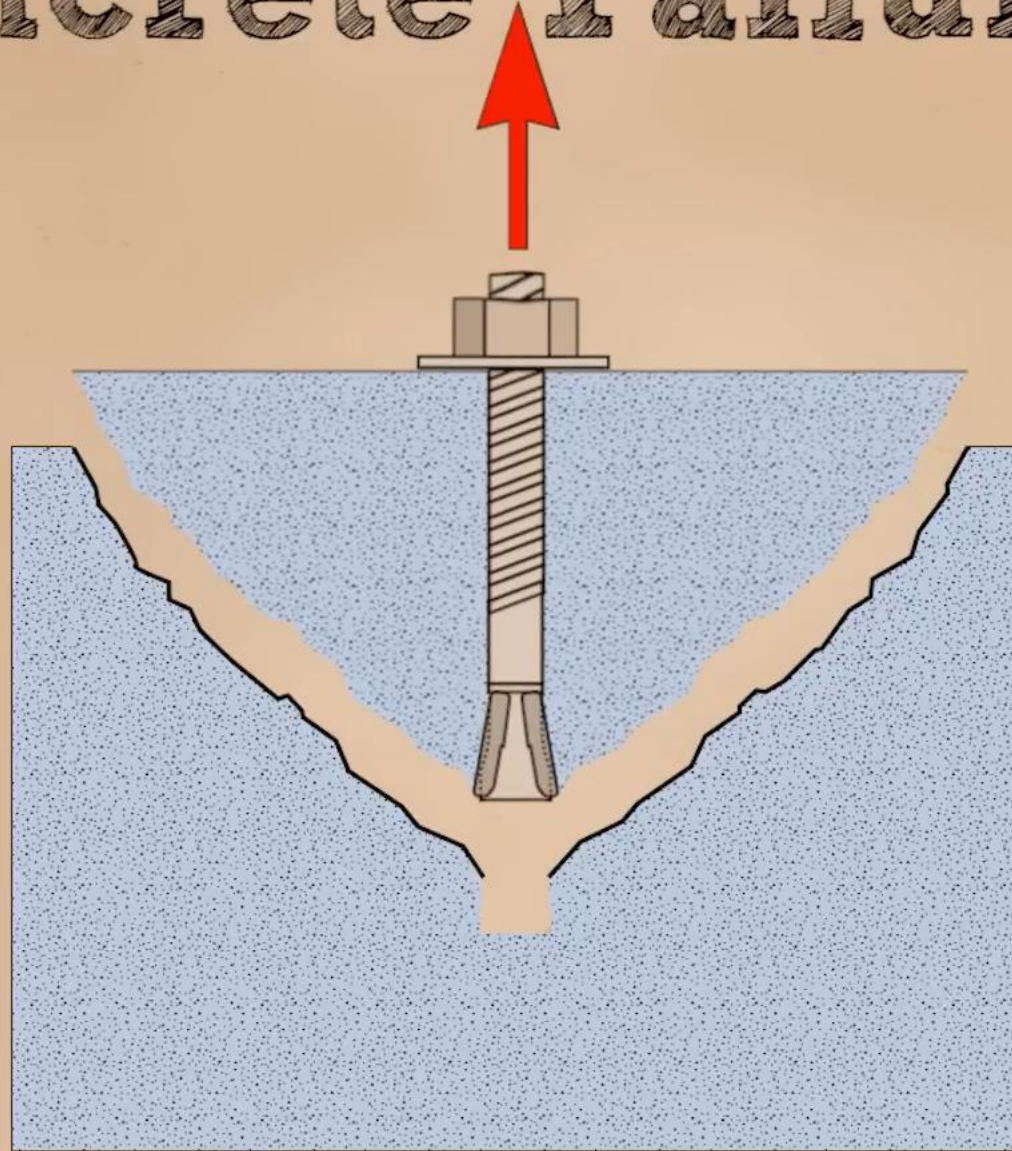
Concrete Breakout Strength

The concrete breakout strength is determined based on the CCD method. In the CCD method, the concrete cone is considered to be formed at an angle of approximately 35° (1 to 1.5 slope). For simplification, the cone is considered to be square rather than round in plan. The concrete breakout stress (f_t in Figure 4-2) in the CCD method decreases with an increase in size of the breakout surface. Consequently, the increase in strength of the breakout in the CCD method is proportional to the embedment depth to the power of 1.5 (or to the power of $5/3$ for deeper embedments). When the concrete breakout cone is influenced by an edge (see Figure 4-3), the breakout area is reduced. According to ACI 318, Section 17.3, the CCD method is valid for anchors with diameters not exceeding 4 in. and specified concrete strength used for design not exceeding 10,000 psi. Anchors must also satisfy the edge distances, spacings, and thickness indicated in Section 17.9 unless supplementary reinforcement is provided to control splitting failure.

ACI 318, Section 17.6.2, specifies that the nominal concrete breakout strength for a group of cast-in anchors is:

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.6.2.1b})$$

Concrete Failure



Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

Concrete Breakout Strength

where

A_{Nc} = projected concrete failure area of a group of anchors, in.²

A_{Nco} = projected concrete failure area of a single anchor if not limited by edge distance or spacing

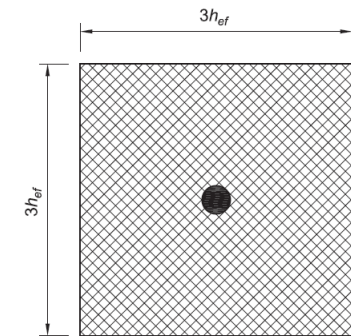
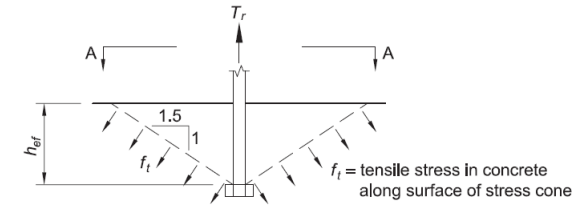
N_b = basic concrete breakout strength in tension of a single anchor in cracked concrete, lbf

$\psi_{c,N}$ = breakout cracking factor based on the influence of cracks in concrete

$\psi_{cp,N}$ = breakout splitting factor to account for splitting tensile stresses

$\psi_{ec,N}$ = breakout factor to account for eccentric tension loading

$\psi_{ed,N}$ = breakout edge effect factor based on proximity to edges of concrete



View A-A

Fig. 4-2. Full breakout cone in tension per ACI 318.

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.6.2.1b})$$

The basic concrete breakout strength of a single anchor in cracked concrete, N_b , is given in ACI 318, Section 17.6.2.2, as:

$$N_b = k_c \lambda_a \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.6.2.2.1})$$

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

Concrete Breakout Strength

$$N_b(lbs) = 16\lambda_a\sqrt{f'_c(psi)}h_{ef}^{\frac{5}{3}}(in)$$

$$N_b(lbs) = 16\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc) * \frac{1,000}{70} * \left(\frac{h_{ef}(cm)}{2.54}\right)^{5/3}}$$
$$= 12.78\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc)} * [h_{ef}(cm)]^{5/3}$$

$$N_b(kg) = \left(\frac{12.78}{2.2}\right)\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc)} * [h_{ef}(cm)]^{5/3} = 5.81\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc)} * [h_{ef}(cm)]^{5/3}$$

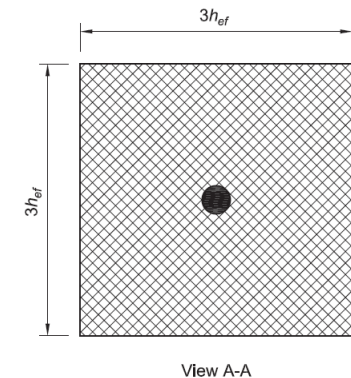
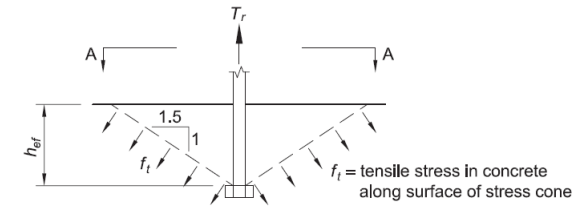


Fig. 4-2. Full breakout cone in tension per ACI 318.

(ACI 318, Eq. 17.6.2.1b)

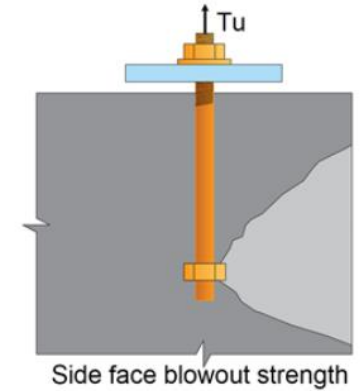
When the anchor is a cast-in headed stud or cast-in headed bolt and the effective embedment of the anchor is between 11 in. and 25 in., inclusive, the value of N_b may be increased up to 14% by utilizing ACI 318, Section 17.6.2.2.3, as:

$$N_b = 16\lambda_a\sqrt{f'_c}h_{ef}^{5/3}$$

(ACI 318, Eq. 17.6.2.2.3)

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

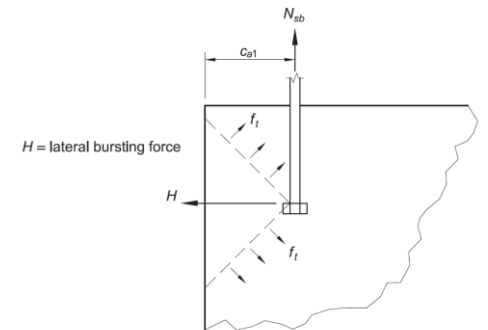


Side-Face Blowout Strength

ACI 318, Section 17.6.4, provides the side-face blowout strength of headed anchors in tension with deep embedment close to an edge. Lateral bursting forces are associated with tension in the anchor rods. The failure plane or surface in this case is assumed to be cone shaped and radiating from the anchor head to the adjacent free edge or side of the concrete element. This is illustrated in Figure 4-4. As with the concrete breakout stress cones, overlapping of the stress cones associated with these lateral bursting forces is considered in ACI 318, Chapter 17. Use of washer plates can be beneficial by increasing the bearing area, which increases the side-face blowout strength.

ACI 318, Section 17.6.4, stipulates the nominal side-face blowout strength, N_{sb} , of a single headed anchor rod with deep embedment close to an edge ($h_{ef} > 2.5c_{a1}$) as:

$$N_{sb} = 160c_{a1}\sqrt{A_{brg}}\lambda_a\sqrt{f'_c}$$



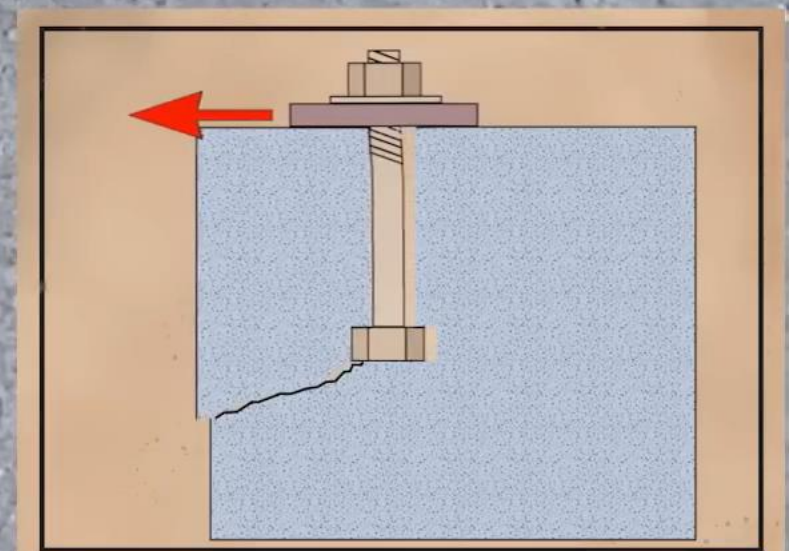
where

A_{brg} = net bearing area of the head of stud, anchor rod, or headed deformed bar, in.²

c_{a1} = minimum distance from the center of an anchor shaft to the edge of concrete in one direction, in.

f'_c = specified compressive strength of concrete, psi

λ_a = modification factor to reflect the reduced mechanical properties of lightweight concrete



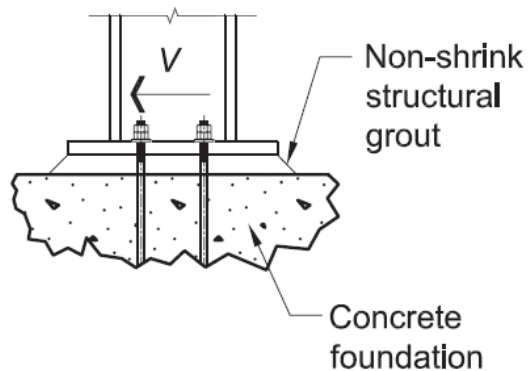
Chapter 4 – Design for Shear

#WeLoveSteelConstruction

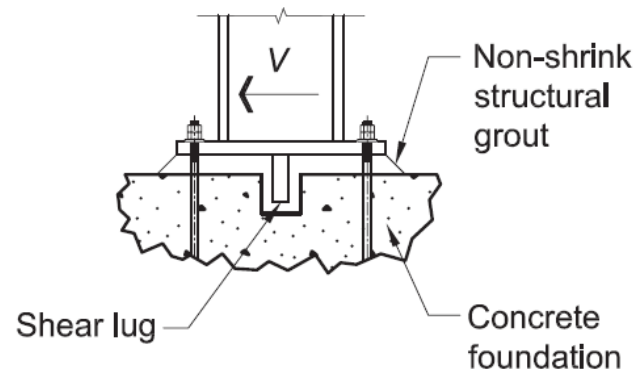
4.3.3 Design for Shear

Overview of Mechanics and Method

For exposed column bases similar to those shown in Figures 1-1(a) and (c), there are three principal ways of transferring shear from the column and/or the gusset plate into the concrete: (1) through shear in the anchor rods, (2) using shear lugs, or (3) through friction when compression is present, as shown in Figure 4-5. The design for shear using the first two approaches is covered within this section. The design for shear using friction is covered in Section 4.3.5. The design for shear for embedded columns is covered in Chapter 5.



Anchor rod detail

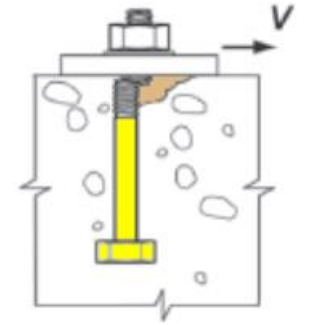


Shear lug detail



Chapter 4 – Design for Shear

#WeLoveSteelConstruction



Steel failure

Anchor Rods Steel Strength in Shear

The design shear strength of an anchor rod given by AISC *Specification* Section J3.7 as:

$$\phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_b$$

(from *Spec.* Eq. J3-1)

where

A_b = nominal unthreaded body area of bolt or threaded part, in.²

F_{nv} = nominal shear stress in bearing-type connections, ksi

= $0.450F_u$ if the threads are not excluded from the shear plane (from AISC *Specification* Table J3.2) $0.45 = 0.63 * 0.9 * 0.8$

= $0.563F_u$ if the threads are excluded from the shear plane (from AISC *Specification* Table J3.2) $0.56 = 0.63 * 0.9$

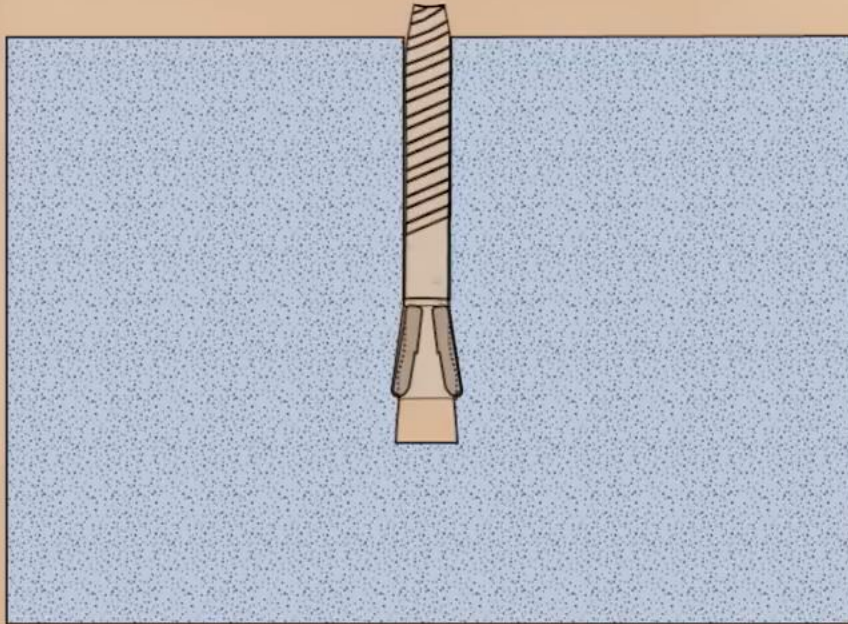
ϕ = 0.75

Interaction of shear, tension, and bending in the anchor rod is typically considered. The tension in the anchor rods may arise due to direct tension in the column, due to bending, or a combination of both. In such cases, the following interaction equation (Equation C-J3-4a from the AISC *Specification* Commentary) may be used to evaluate the combined stress limit state:

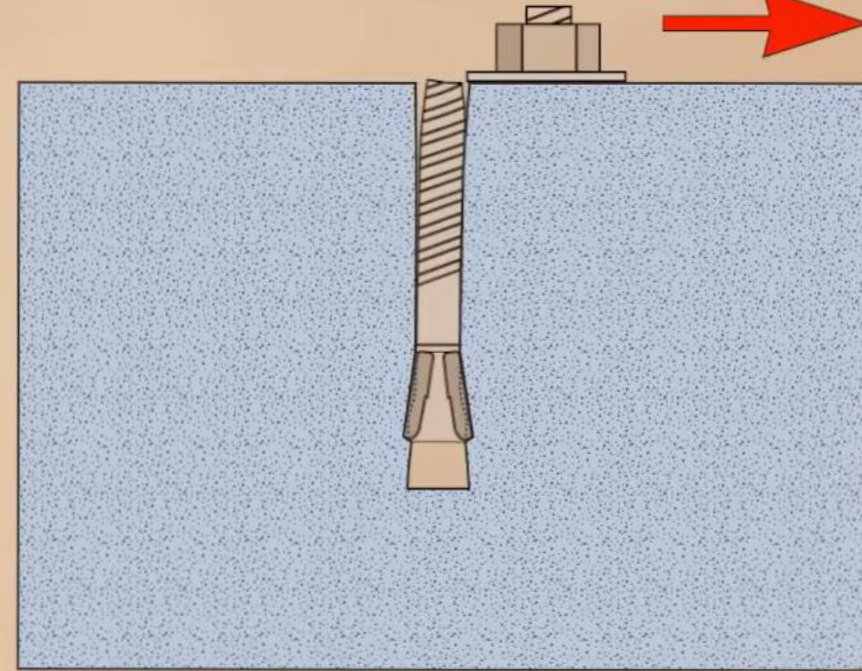
$$\left(\frac{f_t}{\phi F_{nt}} \right)^2 + \left(\frac{f_v}{\phi F_{nv}} \right)^2 \leq 1$$

(*Spec.* Eq. C-J3-4a)

Steel Failure



Tension



Shear

Chapter 4 – Design for Shear

#WeLoveSteelConstruction

Anchor Rods Steel Strength in Shear

The design shear strength of an anchor rod given by AISC *Specification* Section J3.7 as:

$$\phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_b$$

(from *Spec.* Eq. J3-1)

The ACI 318 steel design strength of anchor rods in shear is given by:

$$\phi V_{sa} = \phi (0.6) A_{se,v} f_{uta}$$

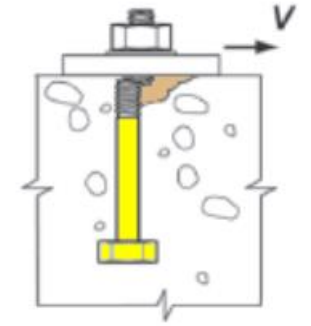
(from ACI 318, Eq. 17.7.1.2b)

where

$A_{se,v}$ = effective cross-sectional area of an anchor in shear, in.²

f_{uta} = specified tensile strength of anchor steel, ksi

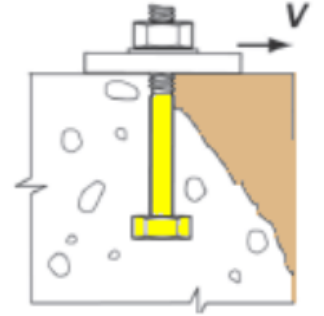
ϕ = 0.65



Steel failure

Chapter 4 – Design for Shear

#WeLoveSteelConstruction



Anchor Rods Concrete Breakout Strength in Shear

ACI 318, Section 17.7.2, employs the CCD method to evaluate the concrete breakout strength from shear forces resisted by anchor rods.

For the typical cast-in-place anchor group used in building construction, the shear strength determined by concrete breakout as illustrated in Figure 4-6 is evaluated as:

$$\phi V_{cbg} = \phi \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ec,V} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} \psi_{h,V} V_b, \text{ lbf} \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.7.2.1b})$$

where

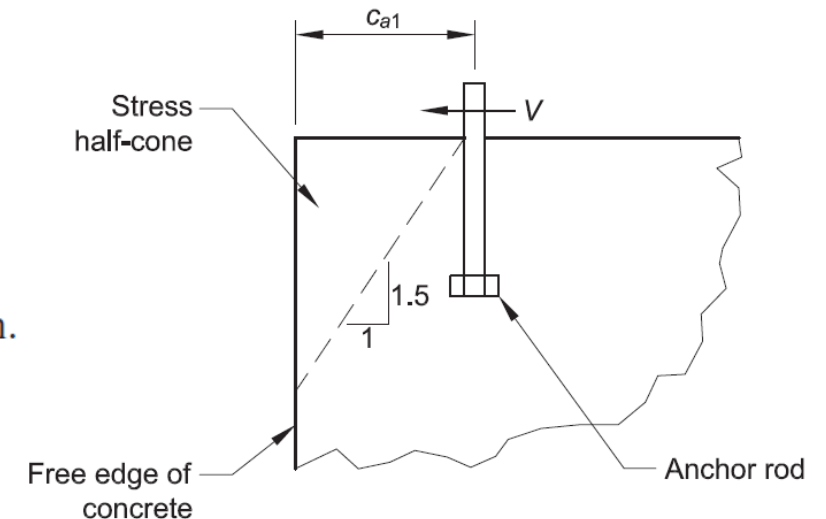
$$V_b = \left[7 \left(\frac{\ell_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \right] \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \leq 9 \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5}$$

for normal weight concrete, lbf

c_{a1} = the edge distance in the direction of load as illustrated in Figure 4-6, in.

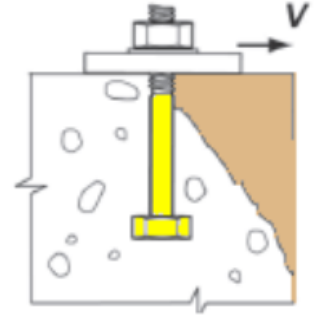
d_a = rod diameter, in.

f'_c = concrete compressive strength, psi



Chapter 4 – Design for Shear

#WeLoveSteelConstruction



Anchor Rods Concrete Breakout Strength in Shear

ACI 318, Section 17.7.2, employs the CCD method to evaluate the concrete breakout strength from shear forces resisted by anchor rods.

For the typical cast-in-place anchor group used in building construction, the shear strength determined by concrete breakout as illustrated in Figure 4-6 is evaluated as:

$$\phi V_{cbg} = \phi \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ec,V} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} \psi_{h,V} V_b, \text{ lbf} \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.7.2.1b})$$

where

ℓ_e = load-bearing length of the anchor in shear, which is equal to the embedment depth for anchors with a constant stiffness over the full length of embedded section, in.; ℓ_e shall not be taken larger than $8d_a$

ϕ = 0.70 (considering supplementary reinforcement not present)

$\psi_{c,V}$ = 1.4 [when an analysis confirms no cracking at service load levels or when adequate supplementary reinforcement is provided per ACI 318, Table 17.7.2.5.1]

$\psi_{ec,V}$ = 1.0 (for shear applied concentrically with the anchor group)

Chapter 4 – Design for Shear

#WeLoveSteelConstruction

Anchor Rods Concrete Pryout Strength in Shear

In addition to the concrete breakout strength, ACI 318, Section 17.7.3, also contains provisions for a limit state called pryout strength. ACI 318 defines the pryout strength of a single anchor in shear as:

$$\phi V_{cp} = \phi k_{cp} N_{cp}$$

(ACI 318, Equation 17.7.3.1a)

where

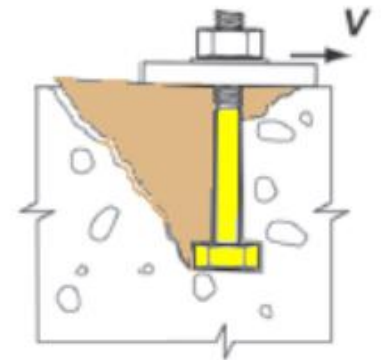
N_{cp} = nominal concrete breakout strength in tension of a single anchor, kips

h_{ef} = effective embedment length, in.

$k_{cp} = 1.0$ for $h_{ef} < 2.5$ in.

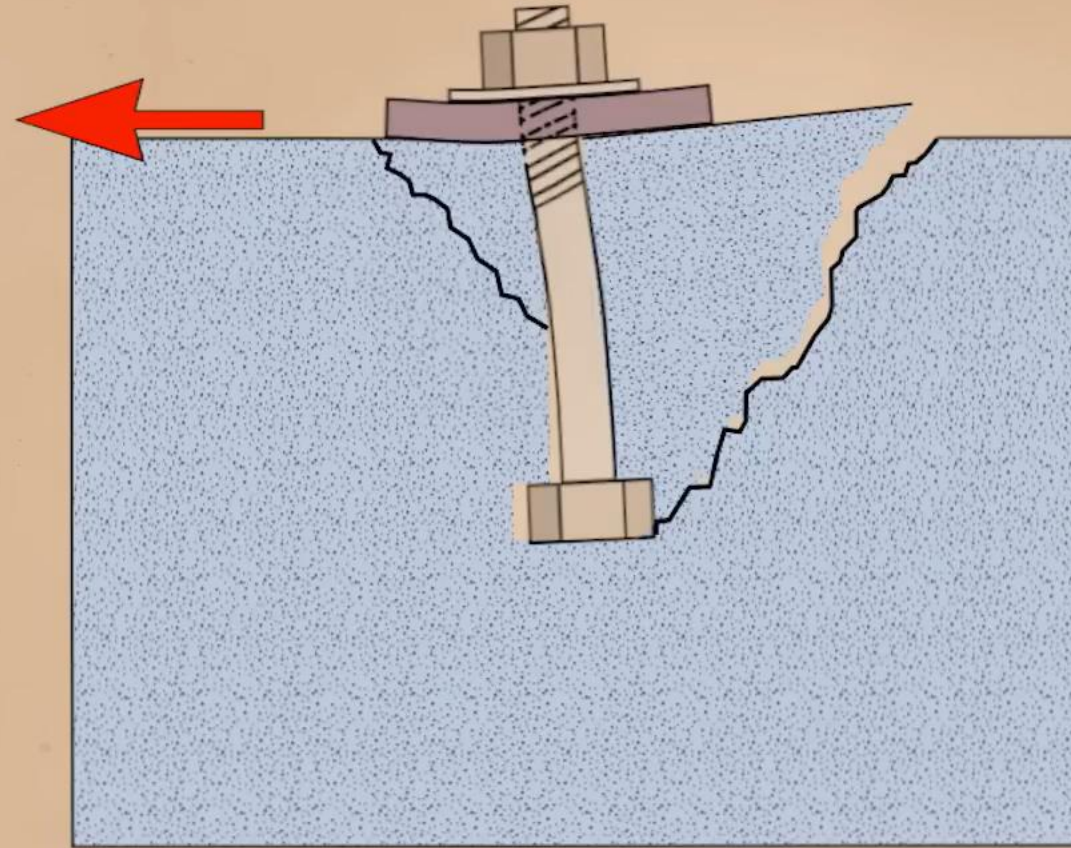
$= 2.0$ for $h_{ef} \geq 2.5$ in.

$\phi = 0.70$



Concrete pryout

Concrete Failure



Concrete Pier & Anchor Rod Failure Limit States

According to AISC Design Guide 1, 3rd Ed. (2024), Chapter 4



STEEL FAILURES

A1) STEEL TENSION



A1) STEEL SHEAR

CONCRETE TENSION FAILURES

C1) CONCRETE BREAKOUT



C2) CONCRETE PULLOUT

CONCRETE SHEAR FAILURES

C5) CONCRETE BREAKOUT



C3) SIDE-FACE BLOWOUT

STEEL FAILURES

A1) STEEL TENSION



A2) STEEL SHEAR

CONCRETE TENSION FAILURES

C2) CONCRETE PULLOUT



A3) TENSION + SHEAR INTERACTION

CONCRETE SHEAR FAILURES

C5) CONCRETE BREAKOUT



C4) BOND FAILURE Adhesive Anchors



C6) CONCRETE PRYOUT

♦ Short Anchor

PIER BEARING

P1) LOCAL CONCRETE DAMAGE

Base Plate Compression Toe



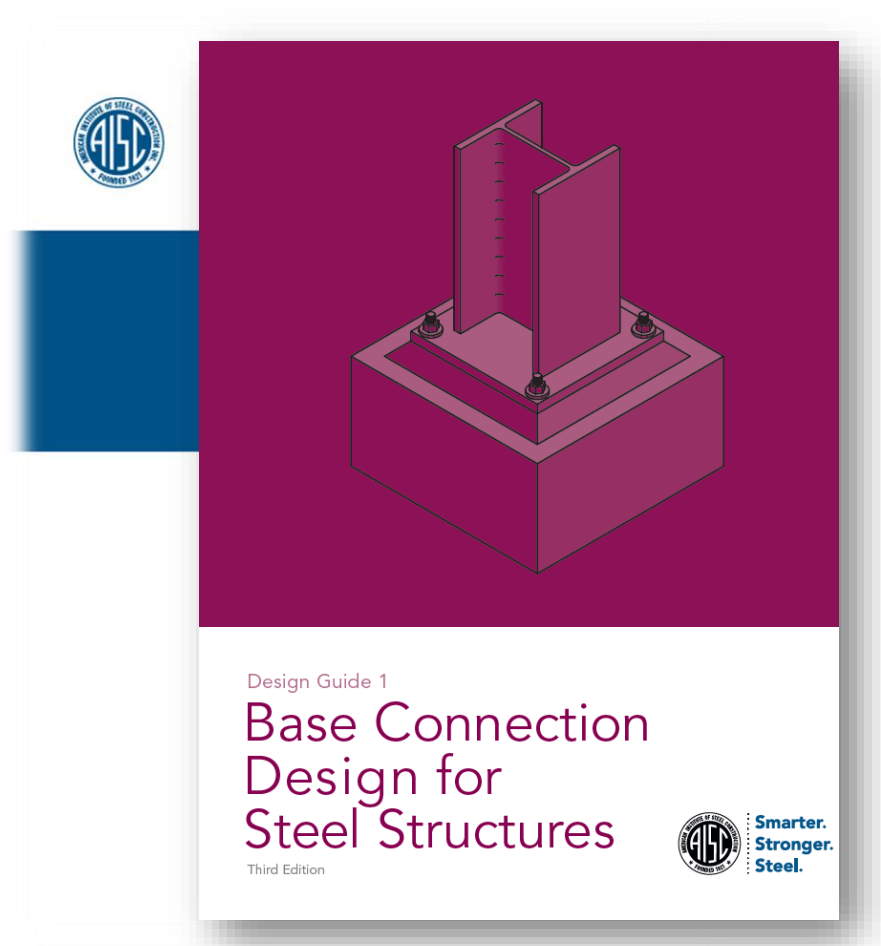
P1) LOCAL CONCRETE DAMAGE

Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

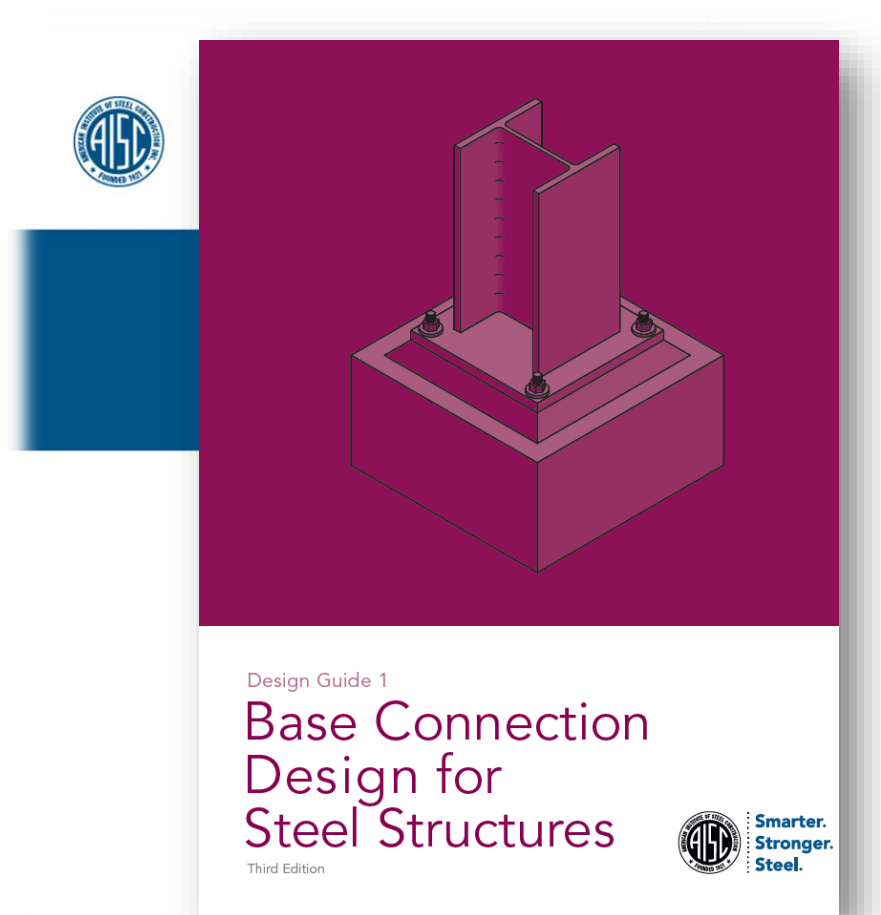


A new chapter on embedded base connections is included (**Chapter 5: Design of Embedded Base Connection**), reflecting findings from multiple research studies summarized in Section 1.2.

เพิ่มเติมหัวข้อใหม่ เรื่องจุดต่อแผ่นฐานที่ฝังในคอนกรีต (**บทที่ 5: การออกแบบจุดต่อฐานที่ฝังในคอนกรีต**) โดยอาศัยผลการศึกษาจากงานวิจัยดังที่ระบุในหัวข้อ 1.2

Key Updates

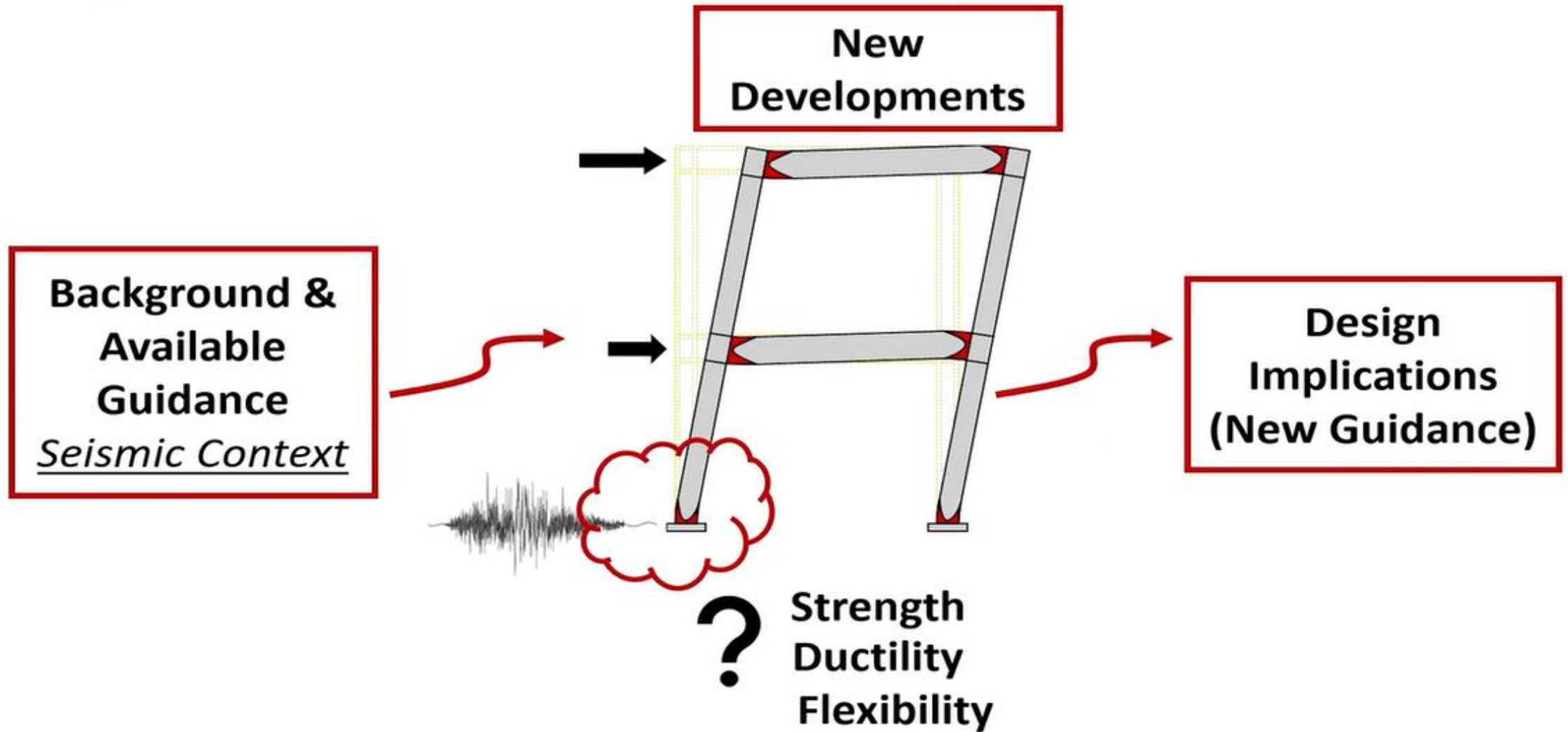
#WeLoveSteelConstruction



A new chapter (**Chapter 6: Design of Column Base Connections for Seismic Loading**) has been added focusing on seismic design.

เพิ่มเติมหัวข้อใหม่ (**บทที่ 6: การออกแบบจุดต่อฐานเสาสำหรับโครง
ต้านแรงแผ่นดินไหว**) เพื่อเน้นการออกแบบจุดต่อรองรับแรงจาก
แผ่นดินไหว

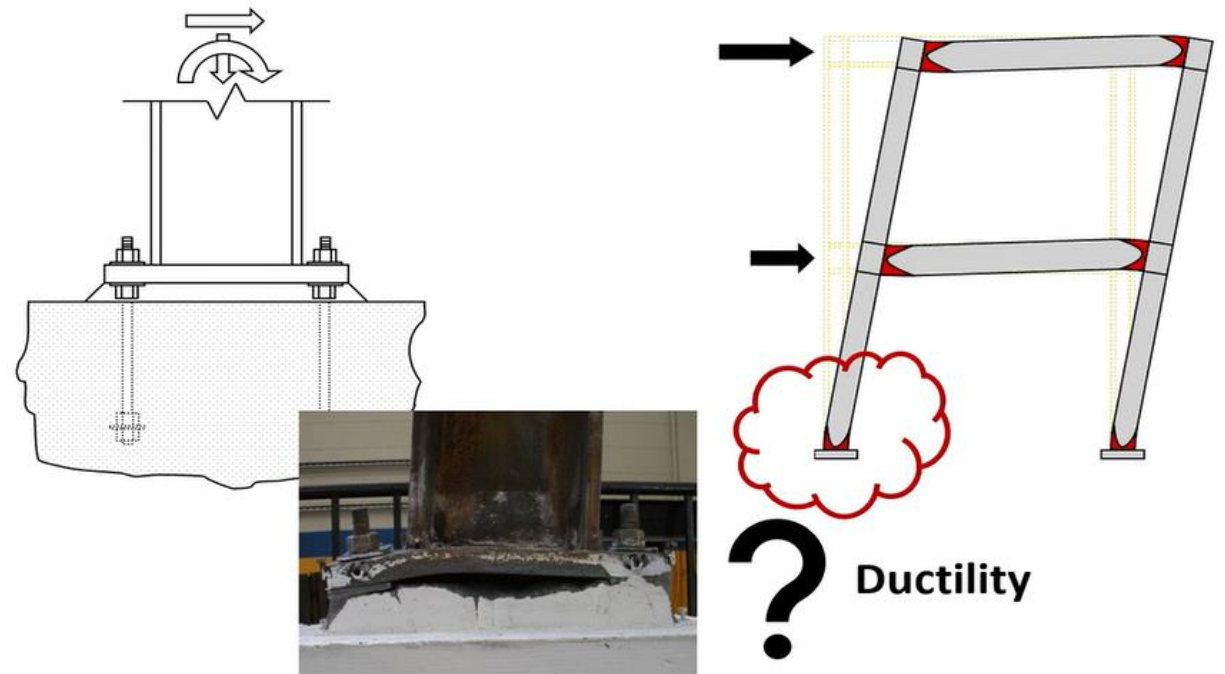
Organization – How will the talk go?



Column Base for Seismic Loading

#WeLoveSteelConstruction

- การออกแบบจุดต่อเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว จะต้องออกแบบให้มี
 - a) **Strength** หรือความแข็งแรงที่เพียงพอ
 - b) **Ductility** หรือความเหนียวที่เพียงพอ
- ในแง่ของการออกแบบให้มีความแข็งแรงที่มากเพียงพอ นั้น สามารถพิจารณาคำนวณ **ความแข็งแรง** (strength) ได้ตามหลักการดัง DG1 2nd Ed ซึ่งไม่ได้ต่างไปจาก DG1 3rd Ed มากนัก
- แต่สำหรับการออกแบบให้มีความเหนียวที่มากเพียงพอ นั้น DG1 2nd Ed ไม่ได้กล่าวถึง ซึ่งผู้ออกแบบต้องอ้างอิง AISC 341 ณ ปัจจุบันได้มีการนำเสนอแนวทางประเมินไว้ใน DG1 3rd Ed



Ref: Hassan (2025), "Touching Base: What you need to know about Seismic Design and Performance Assessment of Column Base Connections," NASCC The Steel Conference

Column Base for Seismic Loading

#WeLoveSteelConstruction

- การออกแบบจุดต่อเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว จะต้องออกแบบให้มี
 - a) **Strength** หรือความแข็งแรงที่เพียงพอ
 - b) **Ductility** หรือความเหนียวที่เพียงพอ
- ในแง่ของการออกแบบให้มีความแข็งแรงที่มากเพียงพอ สามารถออกแบบโดยกำหนดให้ฐานรองรับเสา (column base) มีความแข็งแรงกว่ากำลังของเสาที่ระดับ plastic moment
- ทั้งนี้ ไม่ได้พิจารณาเฉพาะ M_p = plastic moment ปกติทั่วไป แต่พิจารณาเพิ่มกำลัง เพื่อว่า “**เหล็กจะแข็งแรงเกินกว่าที่กำหนดไว้ใน spec**” พิจารณาด้วยการนำตัวคูณ R_y = Expected Yield Strength มาพิจารณาเพิ่มระดับ moment

6.4.1 Strong-Base Design for Seismic Conditions

The objective of strong-base design for seismic loading is to ensure that the base connection remains elastic under design level seismic shaking. To achieve this, the design moment for the base connection is determined as the fully yielded and strain hardened capacity of the column—that is, $M_u = 1.1R_yF_yZ$ (for LRFD). The axial load, P_u , is determined according to the combination of dead, live, and over-strength seismic load (i.e., corresponding to the Ω_0 factor). The shear force, V_u , may be determined in accordance with the AISC *Seismic Provisions*. Once the load (i.e., a set of P_u , M_u , and V_u) is determined in this fashion, the force-based design procedures outlined in Chapter 4 (for exposed base plate connections) and Chapter 5 (for embedded base connections) may be followed; these are not repeated here. In terms of construction, too, strong-base details are identical to those shown in Chapter 4 (see Figure 4-21) or Chapter 5 (see Figure 5-1). However, some specific considerations are emphasized:

Ref: AISC Design Guide 1 (2024), “Base Connection Design for Steel Structures,” 3rd Edition

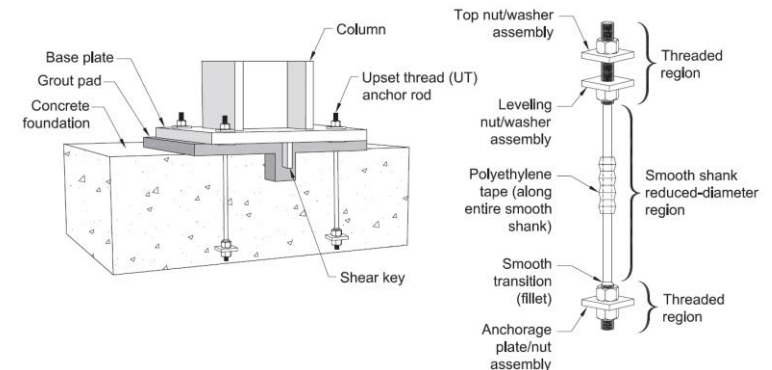
Column Base for Seismic Loading

#WeLoveSteelConstruction

- การออกแบบจุดต่อเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว จะต้องออกแบบให้มี
 - a) **Strength** หรือความแข็งแรงที่เพียงพอ
 - b) **Ductility** หรือความเหนียวที่เพียงพอ
- ในแง่ของการออกแบบให้มีความแข็งแรงที่มากเพียงพอ อาจพิจารณาออกแบบให้เป็นฐานที่อ่อน แต่มีความเหนียวที่มากเพียงพอ “accommodate plastic deformations”
- หลักการสำคัญคือ “no fracture” ไม่เกิดการวิบัติ แบบฉับพลัน แต่ยอมให้เกิดการครากที่ anchor rod ได้ ซึ่งแนวทางหนึ่งที่ได้นำเสนอคือการกำหนด ให้ anchor rod มีพฤติกรรม yielding under tension และ elastic buckling under compression ด้วยการ “un-bond anchor rod” และเพื่อ gap ให้เกิด elastic buckling

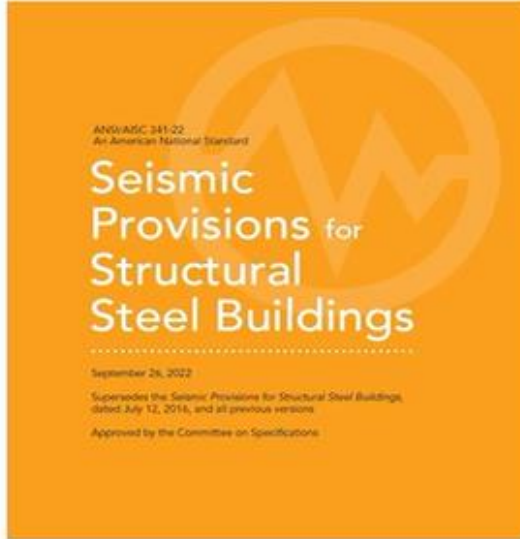
6.4.2 Weak-Base Design for Seismic Conditions

Weak-base design implies that the base connection will accommodate plastic rotations, while the column will remain elastic. Following previous discussion, only exposed base plate type connections may be used for this type of design. Based on experimental as well as analytical research summarized earlier, a reliable mode of accommodating these plastic deformations is through cyclic yielding of the anchor rods, while the base plate remains elastic. Base plate yielding (especially on the tension side of the connection) is undesirable because it results in kinking of the plate under the column weld, raising the likelihood of fracture.



Ref: AISC Design Guide 1 (2024), “Base Connection Design for Steel Structures,” 3rd Edition

Seismic Considerations – AISC 341



6c. Required Flexural Strength

Where column bases are designed as moment connections to the foundation, the required flexural strength of column bases that are designated as part of the SFRS, including their attachment to the foundation, shall be the summation of the required connection strengths of the steel elements that are connected to the column base as follows:

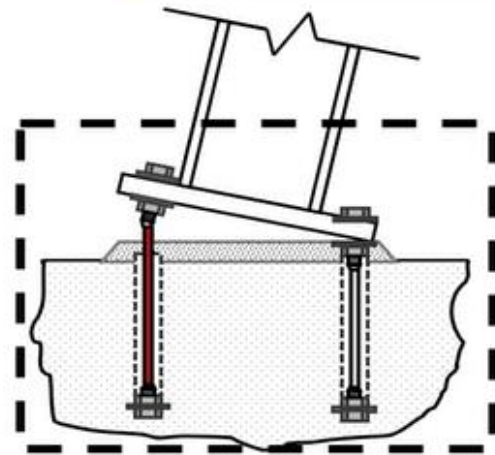
- (a) For diagonal braces, the required flexural strength shall be at least equal to the required flexural strength of diagonal brace connections.
- (b) For columns, the required flexural strength shall be at least equal to the lesser of the following:

(1) $1.1R_yF_yZ/\alpha_s$ of the column; or Ω_0

(2) The moment calculated using the **overstrength seismic load**, provided that a ductile limit state in either the column base or the foundation controls the design.

**Weak
Base
Design**

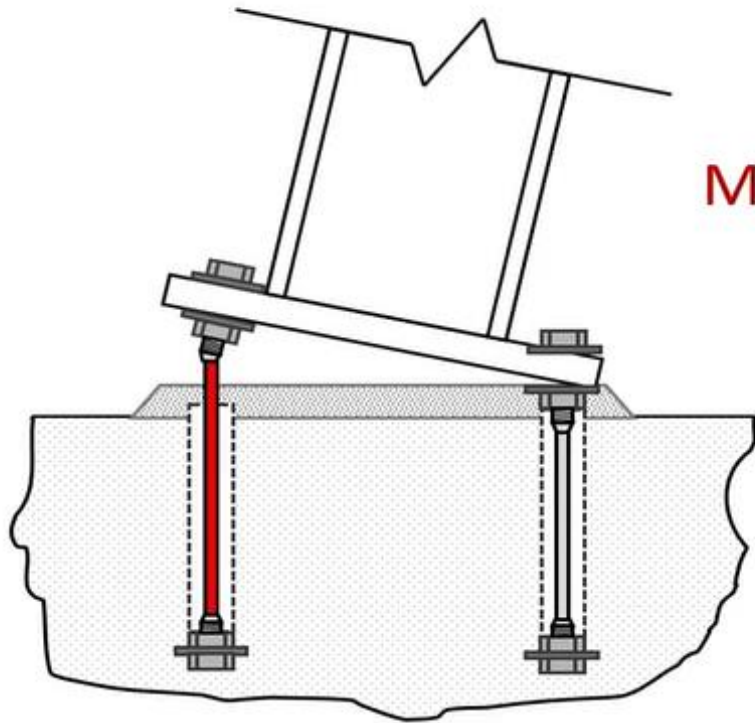
- Cheaper Connection **BUT** Requires Ductility



Seismic Considerations – Weak Base

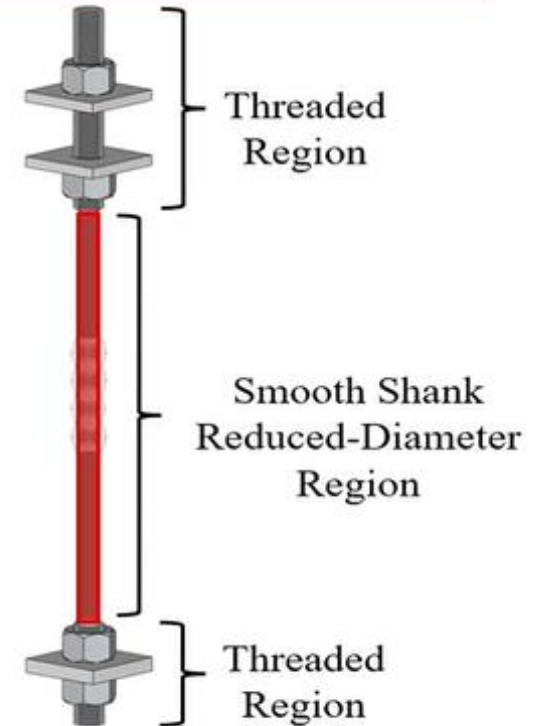
How to Achieve this?

- Understand Rotation **Demands**
- **Develop Details to achieve these Demands**



Milled down “upset” threads

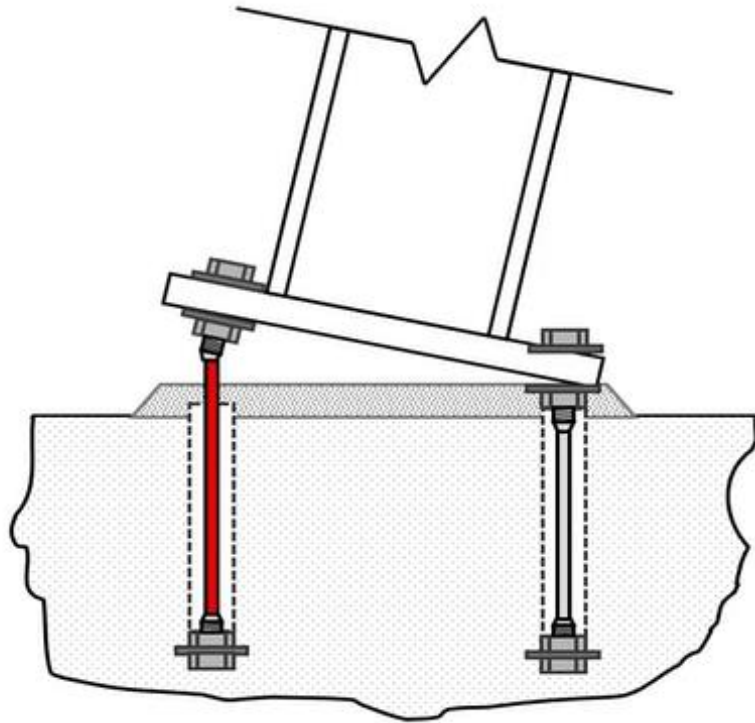
- Enhance ductility
- Define yielding zone



Seismic Considerations – Weak Base

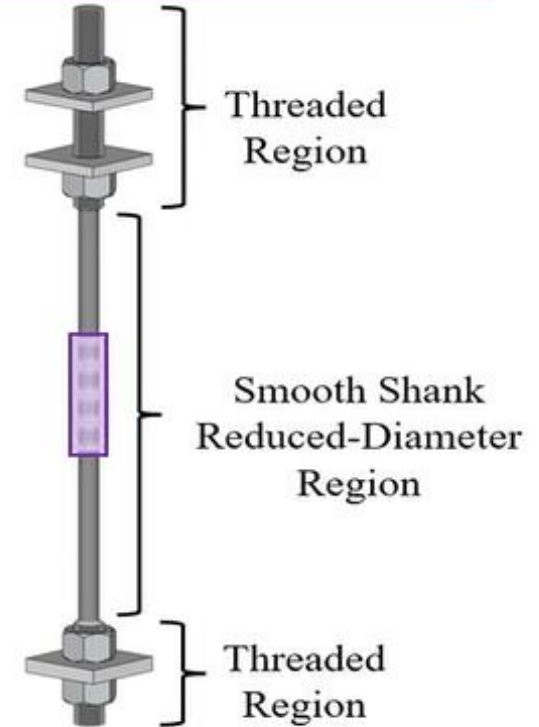
How to Achieve this?

- Understand Rotation **Demands**
- **Develop Details to achieve these Demands**



Debonding Tape

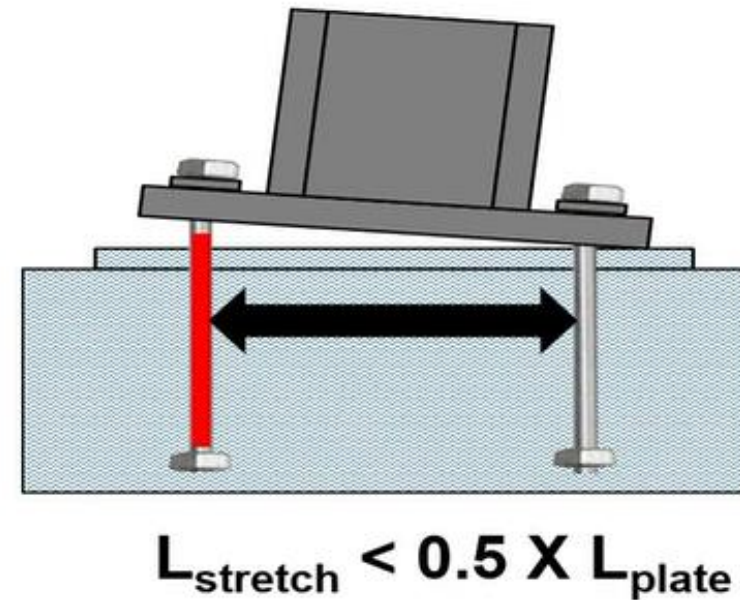
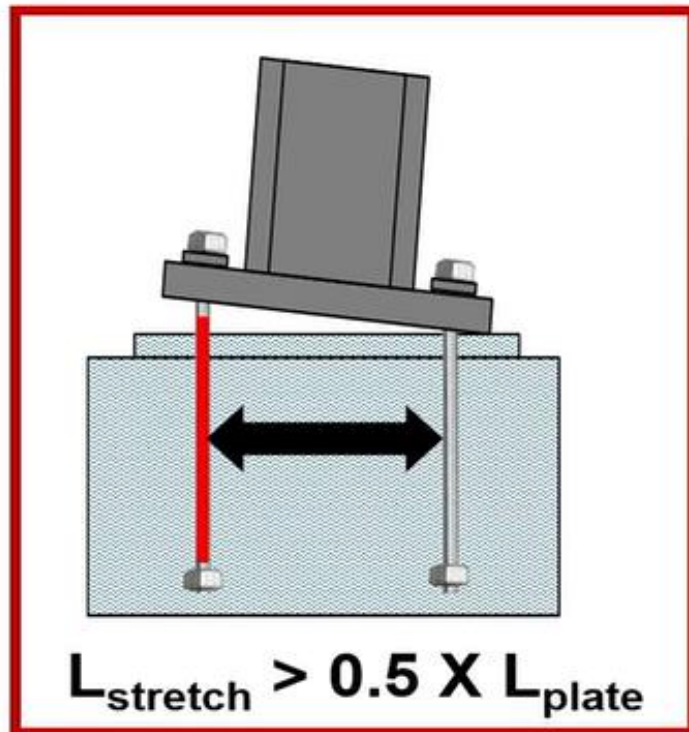
- Prevent rod catching
- Similar to BRBs



Seismic Considerations – Weak Base Developments

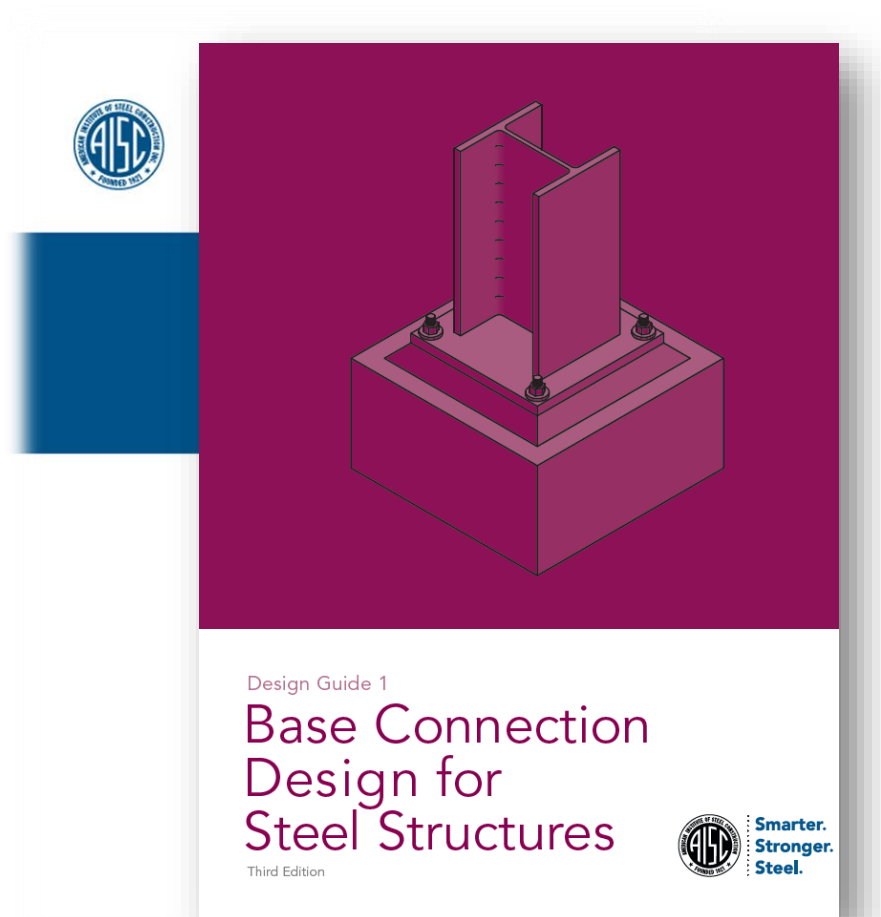
Simulations to Generalize Test Results

- Behavior appears to hold across a large number of configurations
- Ratio of stretch length to plate length is key



Key Updates

#WeLoveSteelConstruction



Two new appendices (**Appendices C: Guidance for Simulating Column Base Connections in Structural Analysis and D: Guidance For The Use of Finite Element Analysis for Base Plate Analysis and Design, Focused on Exposed Column Base Connection Details**) have been added to provide methods for the representation of column base connections in frame analysis and design and guidance regarding their simulation through finite element analysis.

เพิ่มเติมภาคผนวก 2 ภาค (**ภาคผนวก C และ D**) เพื่อแสดงการวิเคราะห์และออกแบบจุดต่อฐานเสาในโครงอาคาร ตลอดจนแนวทางในการทำแบบจำลองวิเคราะห์โครงสร้าง

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

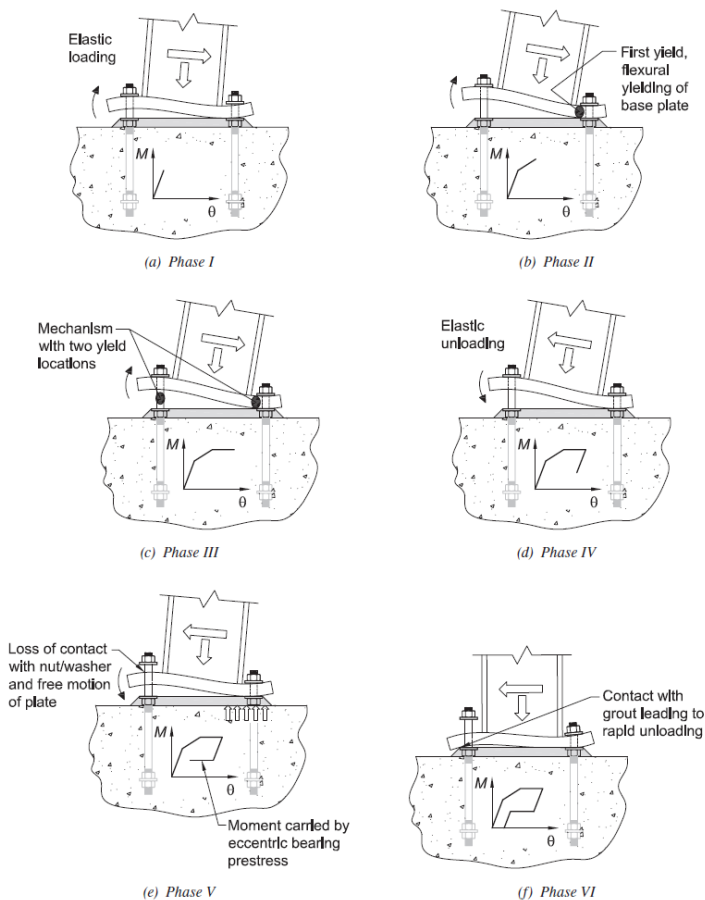


Fig. C-5. Physical phenomena controlling response.

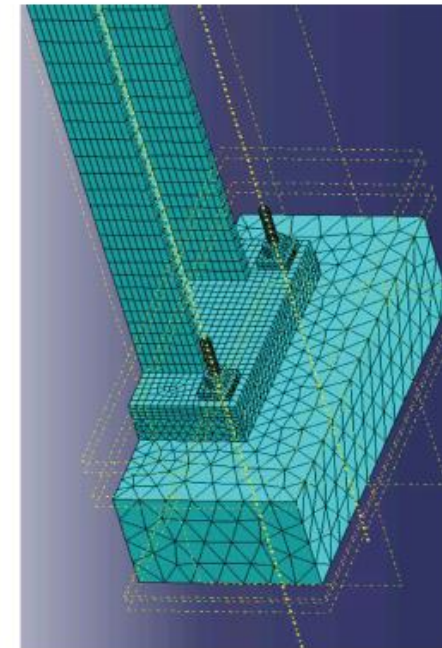
The mesh size in each component should be refined to achieve convergence to a desired degree—in other words, further refinement of the mesh should not result in an unacceptable change in outputs of interest (e.g., anchor forces). Some guidelines for initial mesh selection include the following (Figure D-3 shows a sample mesh):

1. **Base plate.** A minimum of 10 elements along the width and the length of the base plate (i.e., the plan dimensions) and at least 2 elements through the thickness (if using solid elements).
2. **Column and beam flanges.** A minimum of 10 elements along the width of the flange or the height of the web should be provided. In the longitudinal direction of the column, the mesh should be refined in the vicinity of the base plate; providing roughly square elements—but it may be coarsened away from the base plate.
3. **Anchor rods.** A minimum of 4 elements should be provided in the cross section of the rod. The length of each element along the rod should be on the order of the rod diameter.
4. **Grout and footing.** Element sizes in the grout and footing should be on the order of element sizes in the base plate.

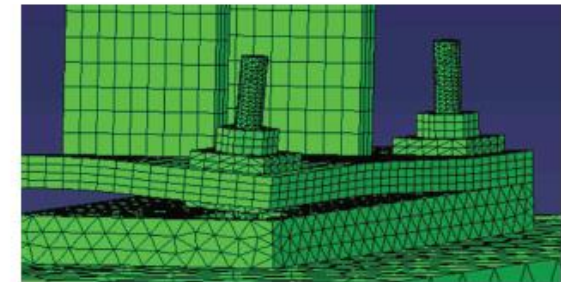
An initial mesh may be selected based on the preceding guidelines. Then, convergence studies should be conducted with a reduced mesh size (e.g., with element sizes smaller than those selected in the preceding) to ensure that the results are within a convergence tolerance acceptable to the user.

Elastic material properties should be specified for all the materials. These may be selected as follows:

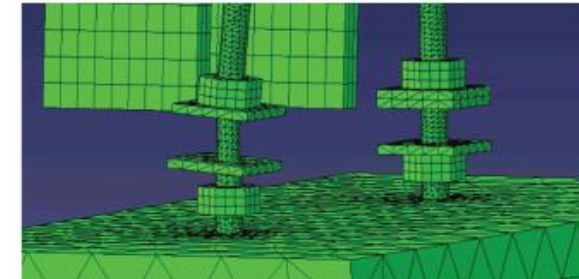
1. For all steel elements (column, base plate, anchor rods, and washers):
 - Modulus of elasticity, $E_{steel} = 29,000$ ksi
 - Poisson's ratio, $\nu = 0.3$
2. For the footing concrete and grout:
 - $E_{concrete} = 57,000\sqrt{f'_c}$, where both f'_c and $E_{concrete}$ are in psi units.



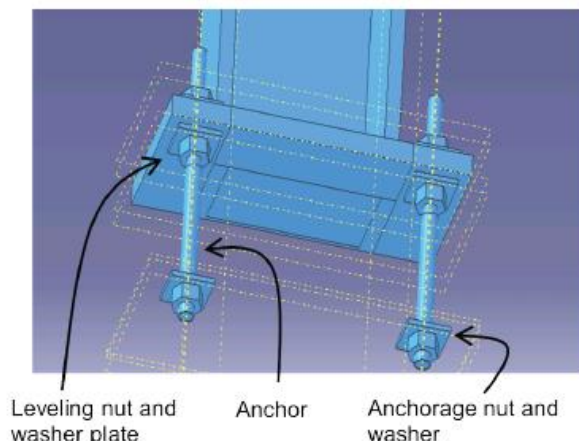
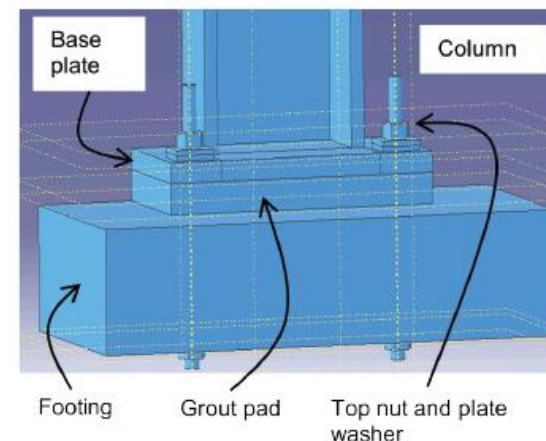
(a) Overall model with undeformed mesh



(b) Detail with deformed mesh

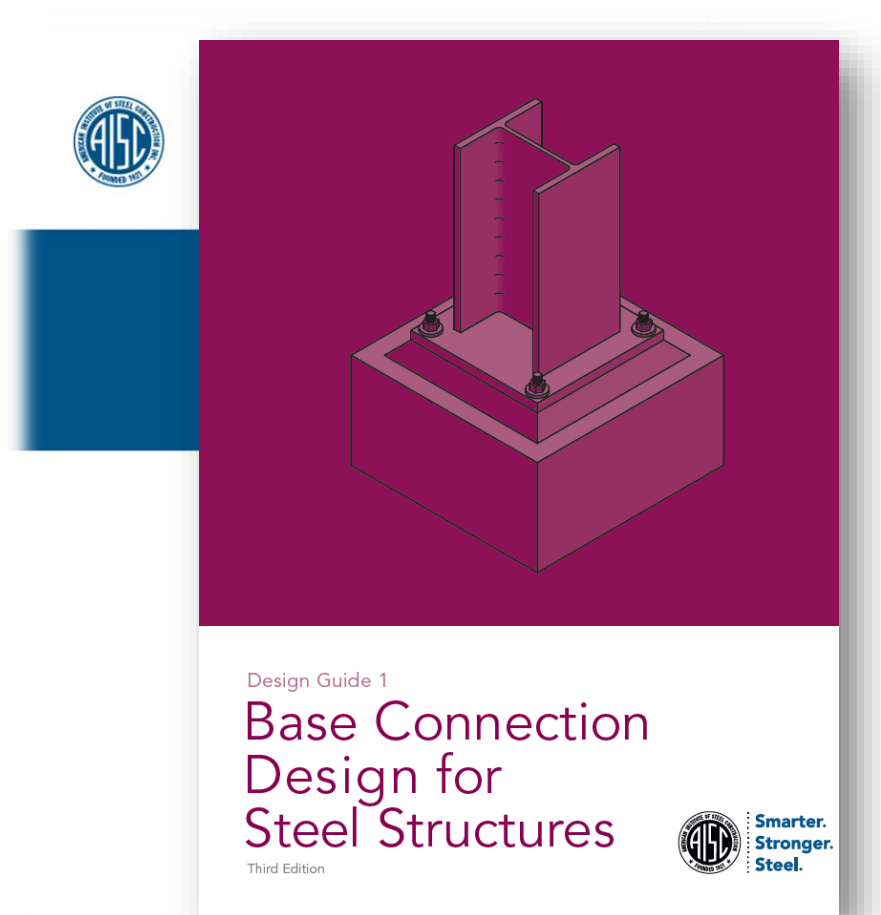


(c) Detail showing anchor rods and mesh



Key Updates

#WeLoveSteelConstruction



Sections pertaining to **fabrication and erection** have been added to **Chapters 4 and 5** for exposed and embedded base connections, respectively.

ส่วนที่เกี่ยวข้องกับ **การแปรรูปและการติดตั้ง** ได้มีการขยายความเพิ่มเติมใน **บทที่ 4** (กรณีไม่ฝังในคอนกรีต) และ **บทที่ 5** (กรณีฝังในคอนกรีต)



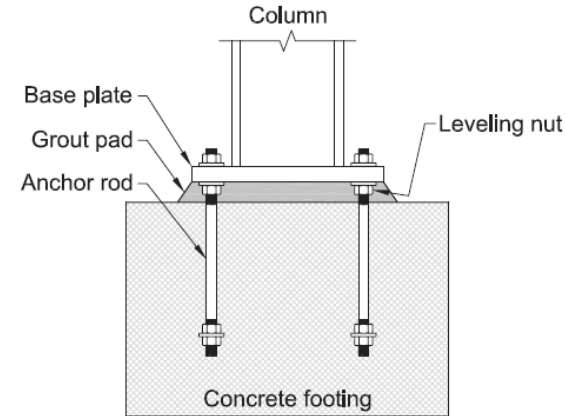
Type of Base Connections

#WeLoveSteelConstruction

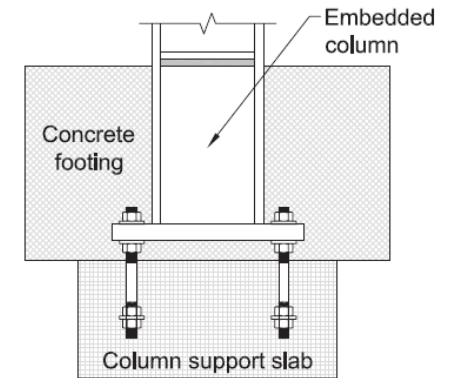
- การจำแนกรูปแบบจุดต่อที่ฐาน แบ่งเป็น
 - จุดต่อ base plate รับเสาที่ไม่ฝังในคอนกรีต
 - จุดต่อ base plate รับเสาที่ฝังในคอนกรีต
 - จุดต่อ base plate รับเสาที่ไม่ฝังในคอนกรีตที่มีการติดตั้งเหล็กแผ่นยึด bracing

Table 2-1. Recommended Base Plate Materials	
Thickness, t_p	Plate Availability
$t_p \leq 4$ in.	ASTM A36/A36M ASTM A572/A572M Gr. 42 or 50 ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 50
4 in. $< t_p \leq 5$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 46
5 in. $< t_p \leq 6$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 42
6 in. $< t_p \leq 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 42
$t_p > 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a]

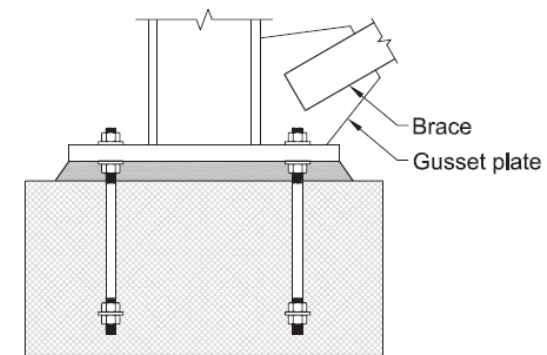
^[a] Preferred material specification



(a) Exposed base plate connection with column only



(b) Embedded base connection



(c) Exposed base plate connection with gusset plate and brace

Grade of Base Plates

#WeLoveSteelConstruction

Table 2-1. Recommended Base Plate Materials	
Thickness, t_p	Plate Availability
$t_p \leq 4$ in.	ASTM A36/A36M ASTM A572/A572M Gr. 42 or 50 ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 50 SS400 Equivalent SM520 Equivalent
4 in. $< t_p \leq 5$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 46
5 in. $< t_p \leq 6$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 42
6 in. $< t_p \leq 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 42
$t_p > 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a]
^[a] Preferred material specification	

#WeLoveSteelConstruction

ASTM Designations		Tensile Strength, F_u , ksi	Nominal Tensile Stress, ^[a] $F_{nt} = 0.75F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (N-Type), ^{[a], [c]} $F_{nv} = 0.450F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (X-Type), ^{[a], [b]} $F_{nv} = 0.563F_u$, ksi	Maximum Diameter, in.
F1554	Gr. 36 ^[d]	58	43.5	26.1	32.7	4
	Gr. 55 ^[d]	75	56.3	33.8	42.2	4
	Gr. 105	125	93.8	56.3	70.4	3
A449		120	90.0	54.0	67.6	1
		105	78.8	47.3	59.1	1½
		90	67.5	40.5	50.7	3
SS400 Equivalent	A36/A36M	58	43.5	26.1	32.7	15
A354 Gr. BD		150	113	67.5	84.5	4

^[a] Nominal stress on unthreaded body area of threaded part (gross area)
^[b] Threads excluded from shear plane
^[c] Threads included in shear plane
^[d] Preferred material specification

ASTM Designations		Tensile Strength, F_u , ksi	Nominal Tensile Stress, ^[a] $F_{nt} = 0.75F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (N-Type), ^{[a], [c]} $F_{nv} = 0.450F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (X-Type), ^{[a], [b]} $F_{nv} = 0.563F_u$, ksi	Maximum Diameter, in.
F1554	Gr. 36 ^[d]	58	43.5	26.1	32.7	4
	Gr. 55 ^[d]	75	56.3	33.8	42.2	4
	Gr. 105	125	93.8	56.3	70.4	3
A449		120	90.0	54.0	67.6	1
		105	78.8	47.3	59.1	1½
		90	67.5	40.5	50.7	3
SS400 Equivalent	A36/A36M	58	43.5	26.1	32.7	15
A354 Gr. BD		150	113	67.5	84.5	4

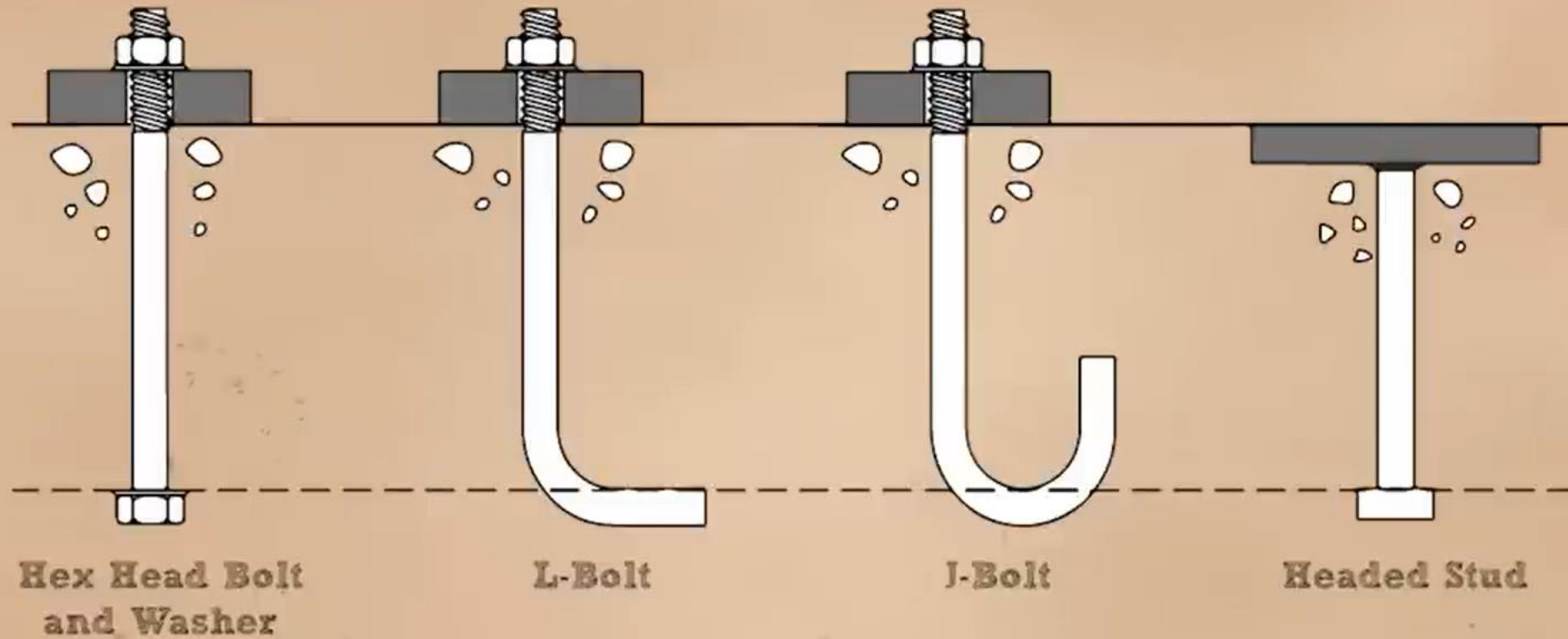
[a] Nominal stress on unthreaded body area of threaded part (gross area)

^[b] Threads excluded from shear plane

[c] Threads included in shear plane

[d] Preferred material specification

Cast-in Place



Pattern and Behavior

#WeLoveSteelConstruction

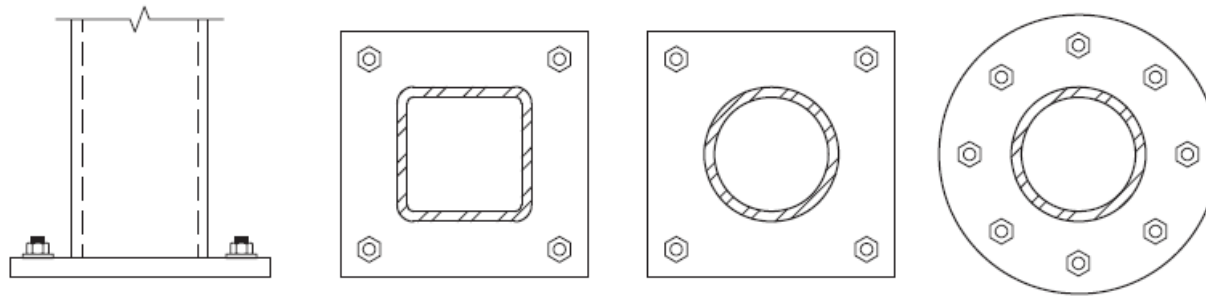


Fig. 3-1. Common base plate details based on type of column attached.

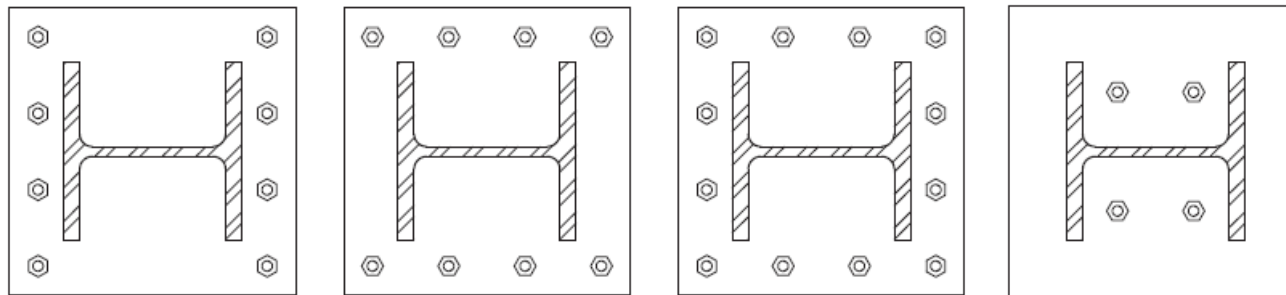


Fig. 3-2. Common anchor rod patterns.

2.5 GROUT MATERIALS

Grout serves as the connection between the steel base plate and the concrete foundation to transfer compression and shear through friction. Grout also serves to assist with maintaining the levelness of column base plates and plumbness of columns during erection. Accordingly, it is important that the grout be properly designed, and placed in a proper and timely manner.

Grout should have a design compressive strength at least twice the strength of the foundation concrete if concrete confinement is used in calculating the available concrete bearing stress. This will ensure that the grout is not the limiting factor when the maximum available bearing strength of the concrete foundation is desired. The design thickness of the grout space will depend on how fluid the grout is and how

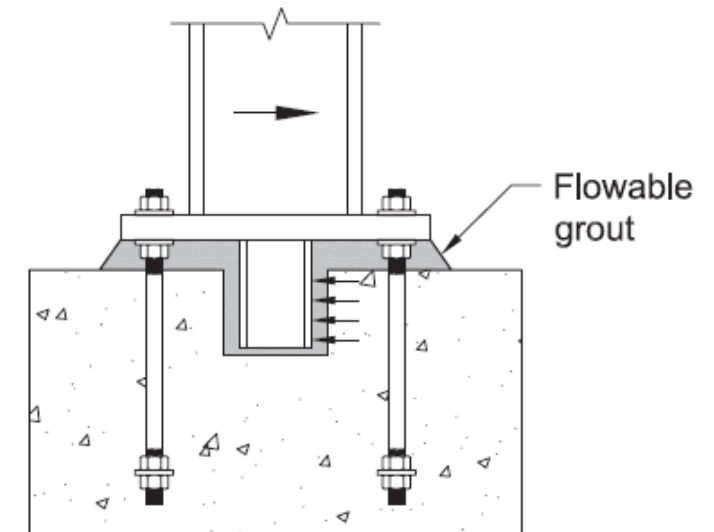


Fig. 3-3. Shear lug to resist large shear forces.

Embedded Base Connection

#WeLoveSteelConstruction

- จุดต่อ base plate รับเสาที่ฝังในคอนกรีต มักออกแบบเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัดให้กับ concrete ที่ฐาน แต่ในบางครั้ง อาจเป็น “เหตุบังเอิญ” จากการติดตั้งเสา บนตอม่อที่ระบบพื้นเป็นแบบ slab on grade

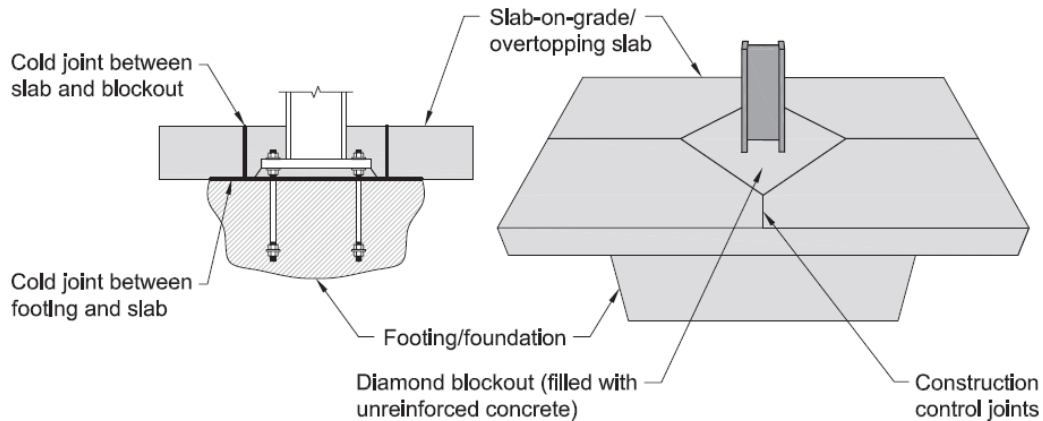


Fig. 3-5. Blockout connections resulting in shallow embedment of base plate connections.

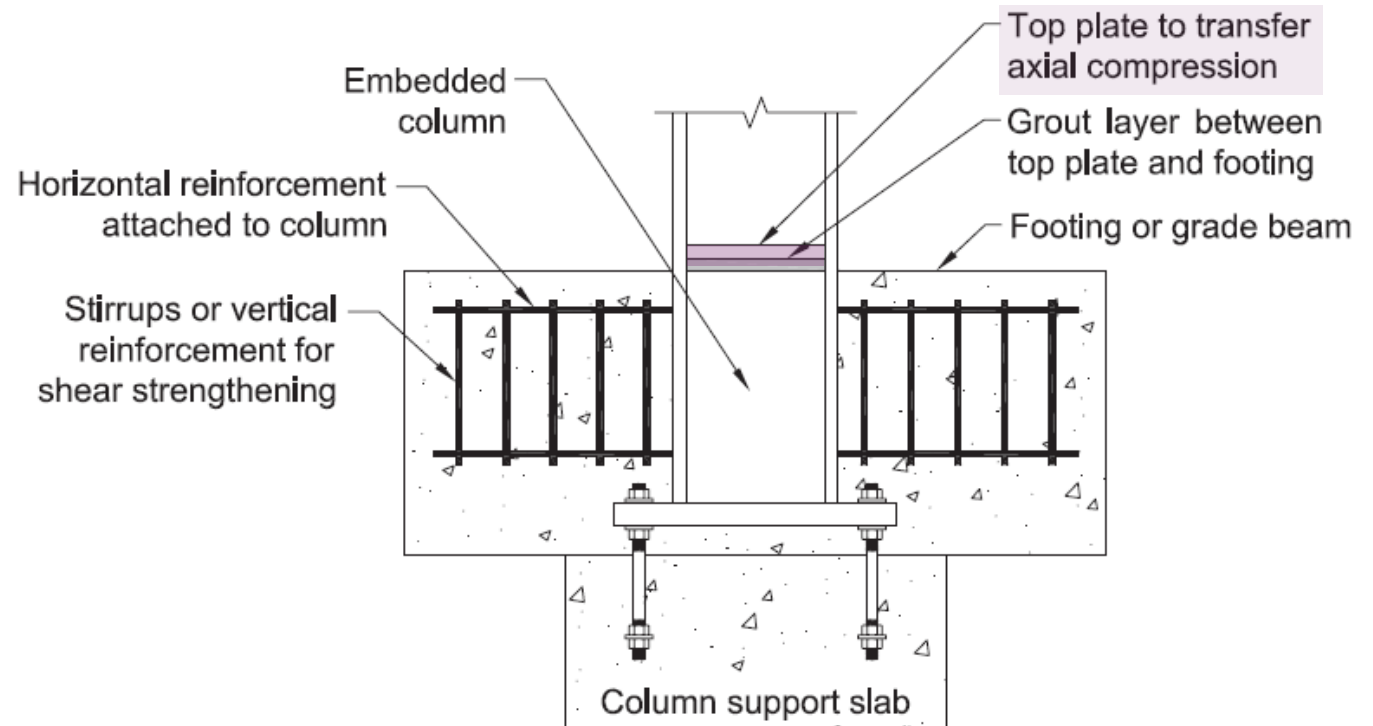


Fig. 3-4. Embedded base connection showing details.

#WeLoveSteelConstruction

- $$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} \left(d_a - \frac{0.9743}{n} \right)^2$$

n = number of threads per in.

Rod Diameter, in.	Threads per inch (UNC)	Nominal Rod Area, A_b , in. ²	Tensile Stress Area, $A_{se,N}$, in. ²	Available Tensile Strength, kips					
				ϕR_n ($\phi = 0.75$)			R_n/Ω ($\Omega = 0.75$)		
				LRFD			ASD		
				Grade 36	Grade 55	Grade 105	Grade 36	Grade 55	Grade 105
5/8	11	0.307	0.226	9.83	12.7	21.2	6.55	8.48	14.1
3/4	10	0.442	0.334	14.5	18.8	31.3	9.69	12.5	20.9
7/8	9	0.601	0.462	20.1	26.0	43.3	13.4	17.3	28.9
1	8	0.785	0.606	26.4	34.1	56.8	17.6	22.7	37.9
1 1/8	7	0.994	0.763	33.2	42.9	71.5	22.1	28.6	47.7
1 1/4	7	1.23	0.969	42.2	54.5	90.8	28.1	36.3	60.6
1 1/2	6	1.77	1.41	61.3	79.3	132	40.9	52.9	88.1
1 3/4	5	2.41	1.90	82.7	107	178	55.1	71.3	119
2	4 1/2	3.14	2.50	109	141	234	72.5	93.8	156
2 1/4	4 1/2	3.98	3.25	141	183	305	94.3	122	203
2 1/2	4	4.91	4.00	174	225	375	116	150	250
2 3/4	4	5.94	4.93	214	277	462	143	185	308
3	4	7.07	5.97	260	336	560	173	224	373
3 1/4	4	8.30	7.10	309	399	—	206	266	—
3 1/2	4	9.62	8.33	362	469	—	242	312	—
3 3/4	4	11.0	9.66	420	543	—	280	362	—
4	4	12.6	11.1	483	624	—	322	416	—

— Grade not available in the given diameter.

Base Plate with NO Moment

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเสาถ่ายแรงลงสู่ตอม่อคอนกรีตผ่าน base plate หน้าที่ยของ base plate คือการกระจายแรงอัด ที่กระทำผ่านหน้าตัดเสากระจาย “เต็มพื้นที่หน้าตัด base plate” เพื่อให้ความเค้นอัดที่กระทำระหว่าง base plate กับ concrete ลดน้อยลง
- Base plate จะรับ reverse pressure จากคอนกรีตตอม่อ (ตามกฎของนิวตัน แรงกระทำ = แรงปฏิกิริยา กระจายผ่าน area)
- บริเวณขอบเสาไปจนกระทั่งขอบ base plate จะมีลักษณะเสมือน cantilevered beam ที่รับ uniform load จึงจำเป็นต้องพิจารณา flexural capacity ของ base plate (yield failure mode)

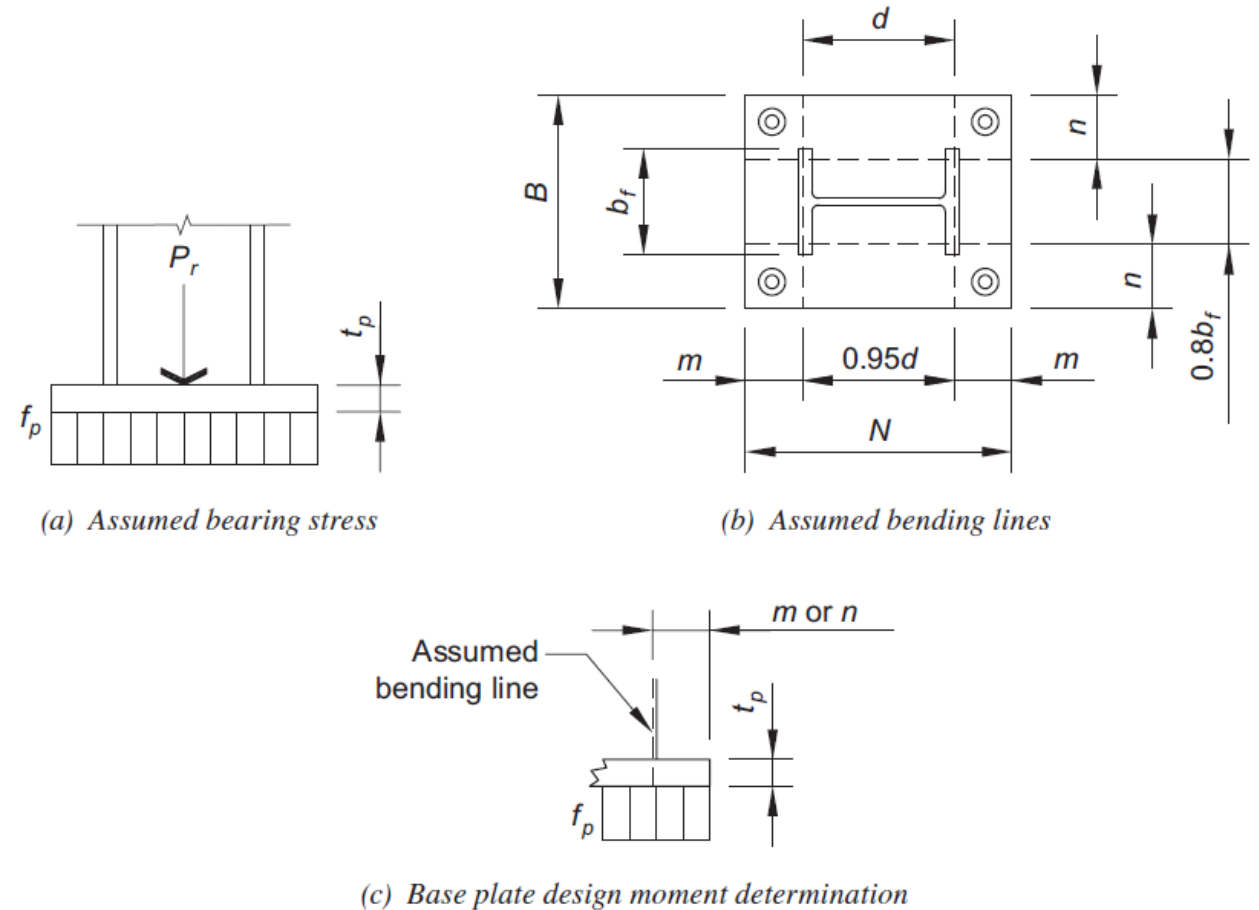
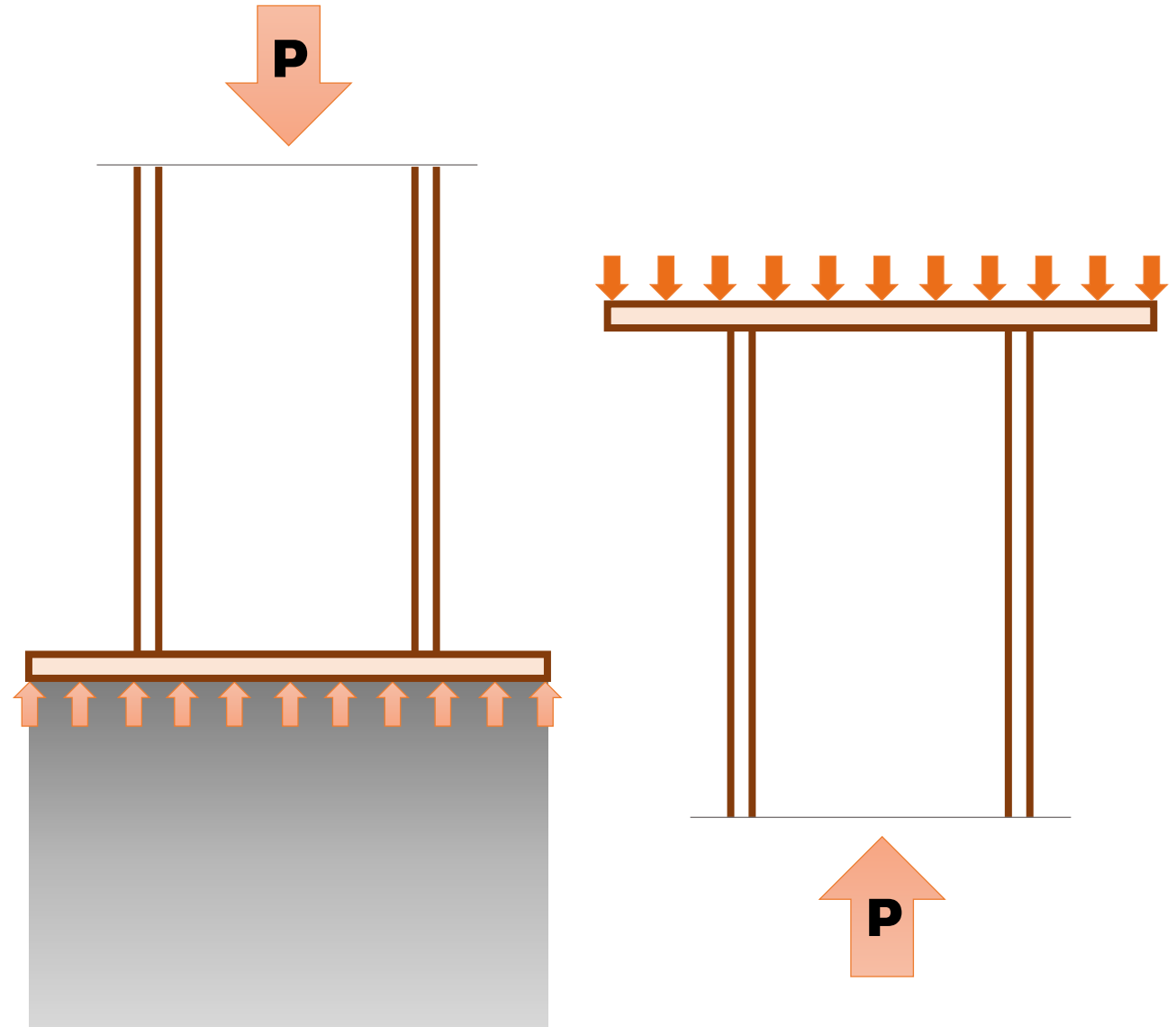


Fig. 4-1. Design of base plate with axial compressive load.

Mechanism - 1

#WeLoveSteelConstruction

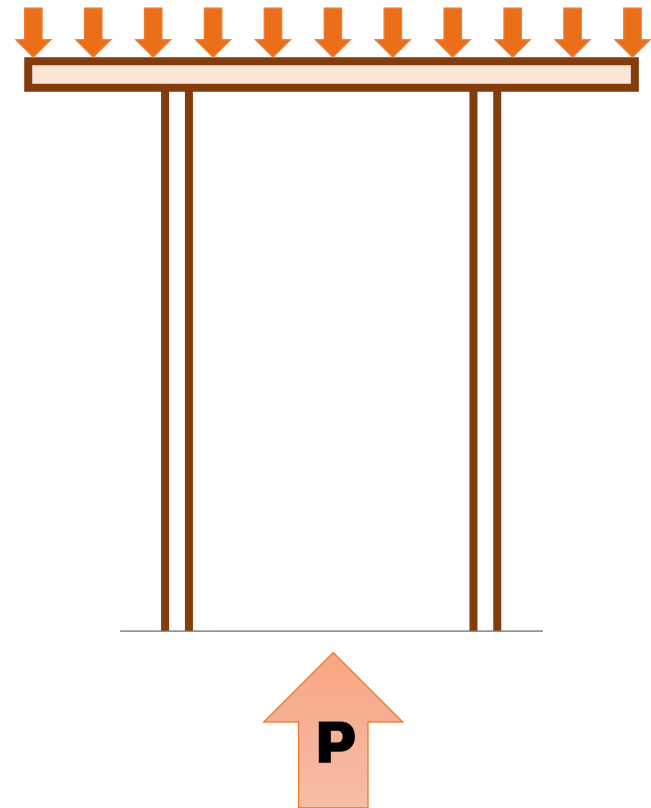
- เหล็ก SS400 $F_u = 4,000$ ksc ถ้าไม่มี base plate มารองรับ โดยวางเหล็กบนตอม่อคอนกรีตโดยตรง $f'_c = 400$ ksc คอนกรีตก็ย่อมจะเกิดการวิบัติ
- การเพิ่ม contact area ด้วยการติดตั้ง base plate เป็นการ **ลดค่าความเค้นอัด** (stress = P/A) ที่เกิดกับคอนกรีตตอม่อ
- ที่ contact area ระหว่าง base plate กับตอม่อคอนกรีต จะเกิด uniform contact pressure ขึ้น
- หากพลิกเสาทีติดตั้ง base plate 180° ก็จะมีลักษณะเหมือน เสาทีติด cap plate ที่มี uniform contact pressure กระทำ



Mechanism - 2

#WeLoveSteelConstruction

- การขยายขนาดต่อม่อ จะช่วยลดความเค้นอัดที่เกิดขึ้นกับต่อม่อ เพราะสามารถกระจายแรงได้ดีขึ้น จากพื้นที่รับแรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
- การพิจารณา เป็นการ “เพิ่มกำลังรับแรงอัดให้กับต่อม่อคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาด base plate” แต่ได้สูงสุดไม่เกิน 2 เท่า ของกำลังอัดคอนกรีตที่ contact surface
- สำหรับ base plate การพิจารณา จะเสมือนว่า เกิด uniform pressure มากระทำที่ contact surface ดังนั้น base plate จึงพิจารณาลายกับเป็นคานยื่น ที่รับ uniform load การตรวจสอบ base plate จึงต้องตรวจสอบว่า moment จาก uniform load นี้ไม่เกินกว่ากำลังรับ moment (M_p) หรือไม่



Concrete footing check

#WeLoveSteelConstruction

- ขั้นตอนแรกในการออกแบบ base plate คือ การสมมติ ขนาดกว้าง x ยาว ของ base plate และขนาดกว้าง x ยาว ของหน้าตัด footing ซึ่งอาจเป็นตอม่อ (pier) ที่ต่อขึ้นมาจากฐานราก footing
- หลักในการพิจารณาคือ เสารับแรงอัด ถ่ายแรงอัดสู่ base plate จากนั้น base plate กระจายแรงอัดลง pier หรือ footing
- การกระจายแรงอัดจาก base plate ลง pier หรือ footing จะสมมติให้กระจายลงเป็นมุม 45 องศา แต่จะมี **พื้นที่ประสิทธิภาพ** ที่ pier หรือ footing รับแรงอัดที่แผ่กระจายลงมาจาก base plate **ไม่เกินระยะ 2 เท่าของความกว้างและความยาวของ base plate**
- กำลังที่คอนกรีตรับได้ คือ $0.85 f_c'$ โดยสำหรับการเพื่อความเสถียรด้วย factor of safety ตามวิธี ASD ใช้ $FS = 2.31$ (ตาม AISC) ในขณะที่ resistance factor ตามวิธี LRFD ใช้ค่า **0.65** (ตาม ACI 318-02)

There is a limit to the beneficial effects of confinement, which is reflected by the limit on A_2 (to a maximum of four times A_1) or by the inequality limit. Thus, for a column base plate bearing on a footing far from edges or openings, $\sqrt{A_2/A_1} = 2$.

AISC Specification Section J8 provides the nominal bearing strength, P_p , as follows:

On the full area of a concrete support:

$$P_p = 0.85 f_c' A_1 \quad (\text{Spec. Eq. J8-1})$$

On less than the full area of a concrete support:

$$P_p = 0.85 f_c' A_1 \sqrt{A_2/A_1} \leq 1.7 f_c' A_1 \quad (\text{Spec. Eq. J8-2})$$

These equations are multiplied by the resistance factor, ϕ_c , for LRFD or divided by the safety factor, Ω_c , for ASD. Section J8 stipulates the ϕ_c and Ω_c factors for bearing on concrete as follows:

$$\phi_c = 0.65 \text{ (LR FD)}$$

$$\Omega_c = 2.31 \text{ (ASD)}$$

ACI 318, Section 21.2.1, also stipulates a resistance factor of $\phi = 0.65$ for bearing on concrete.

The nominal bearing strength can be converted to a nominal pressure format by dividing out the area term such that:

On the full area of a concrete support:

$$f_{p(max)} = 0.85 f_c' \quad (4-1)$$

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 3rd edition

Base plate yielding check

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเกิดการกระจายแรงอัดจาก base plate ลง pier หรือ footing จะเกิด แรงแผ่กระจาย (distributed load) กระทำด้านใต้ base plate (กรณี no moment)
- แรงแผ่กระจายนี้ จะกระทำกับ base plate (ล่างขึ้นบน) โดยเฉพาะกับส่วนที่ base plate ยื่นออกจากขอบเสา ซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกับ **"คานยื่น" cantilevered beam ที่รับ distributed load** โดยคานยื่นมีความยาวประมาณเท่ากับระยะจากขอบเสาถึงปลาย base plate
- แต่ในทางการคำนวณ ระยะความยาวนี้ ต้องพิจารณา ทั้ง 2 ด้าน คือทางด้านกว้าง และด้านยาว ตลอดจนต้องพิจารณา yield line (ที่มาได้จากการวิเคราะห์เชิงลึก โดยใช้ energy method) เพื่อตรวจสอบว่า ด้านใดมีระยะยื่นที่มากที่สุด ด้านนั้นจะเกิดผล (เกิด bending อันสะท้อน normal stress กับ base plate) ที่มากที่สุด
- เมื่อได้ความยาวที่ control พฤติกรรม yielding ก็นำไปคำนวณหาความหนา (หรือตรวจสอบความหนา) base plate ต่อไป [ϕ (LRFD) = 0.9, Ω (ASD) = 1.67]

The required strength of the base plate can be determined as

$$M_{pl} = f_{pu} \left(\frac{l^2}{2} \right) \text{ (LRFD)}$$

$$M_{pl} = f_{pa} \left(\frac{l^2}{2} \right) \text{ (ASD)}$$

Where the critical base plate cantilever dimension, l , is the larger of m , n , and $\lambda n'$,

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} \quad \lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1$$

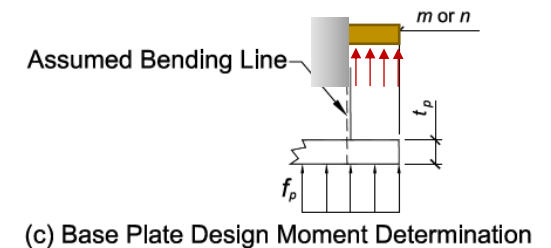
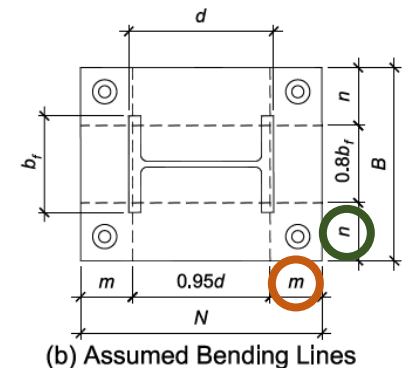
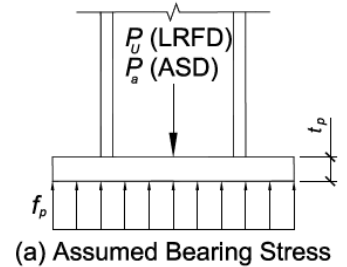
$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} \quad X = \left\{ \frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right\} \frac{P_u}{\phi_c P_p} \text{ (LRFD)}$$

$$\lambda n' = \lambda \frac{\sqrt{db_f}}{4} \quad X = \left\{ \frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right\} \frac{\Omega_c P_a}{P_p} \text{ (ASD)}$$

For the yielding limit state, the required minimum thickness of the base plate can be calculated as follows (Thornton, 1990) (AISC, 2005):

$$t_{min} = l \sqrt{\frac{2P_u}{\phi F_y B N}} \text{ (LRFD)}$$

$$t_{min} = l \sqrt{\frac{2\Omega P_a}{F_y B N}} \text{ (ASD)}$$

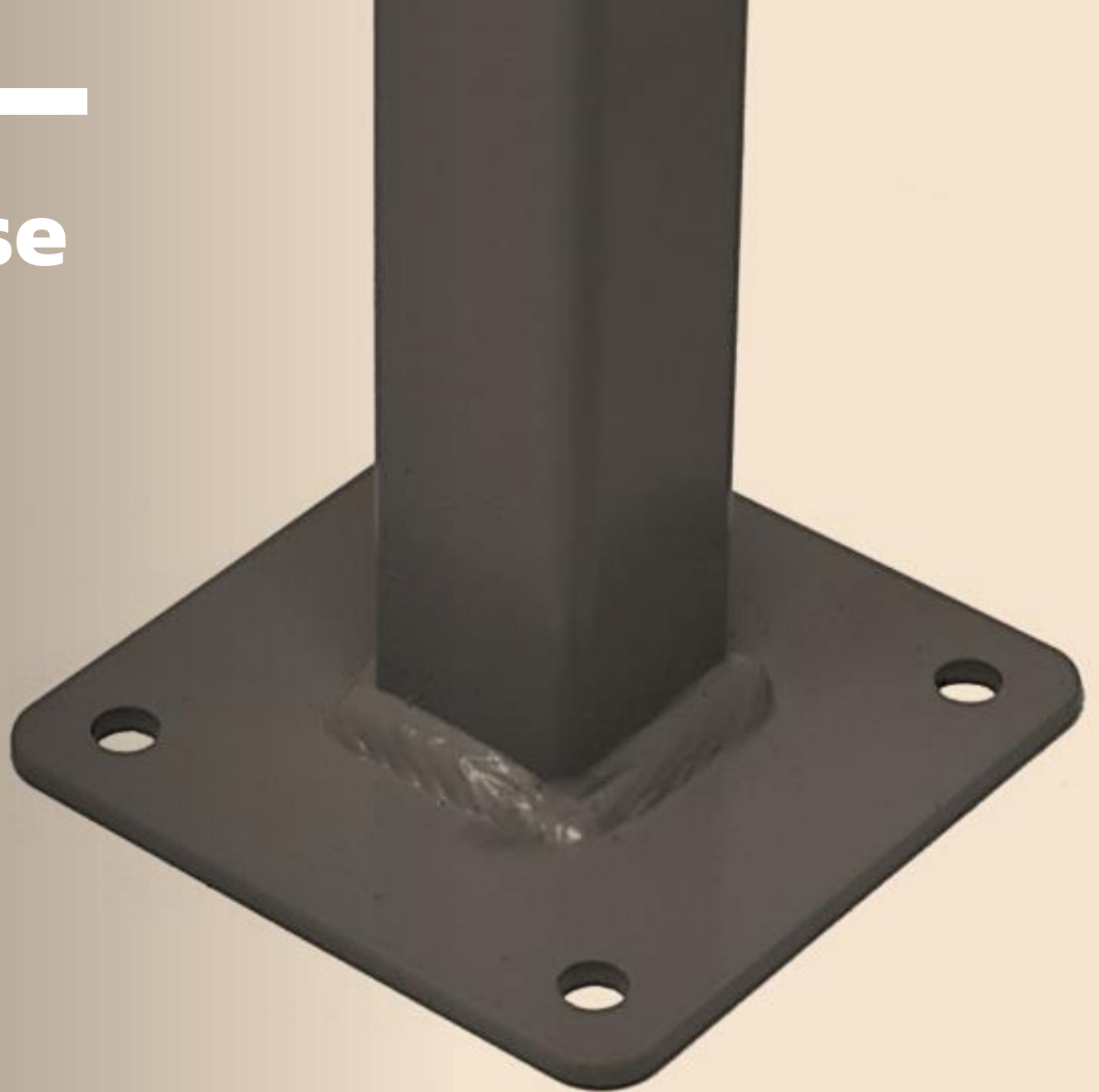


Steel Column Base Plate Design

การออกแบบแผ่น เหล็กรองฐานเสา



#WeLoveSteelConstruction



Column Base Plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของต่อม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

Step 1: คำนวณหาผลรวมของแรง

ASD	LRFD
$P_a = DL + LL$ $= 120 + 70 = 190 \text{ T}$	$P_u = 1.2D + 1.6L$ $= 1.2(120) + 1.6(70) = 256 \text{ T}$

Step 2: ประมาณการความกว้างยาวของ base plate

พิจารณาจากขนาดเสาที่สามารถติดตั้ง anchor rod ได้ง่าย

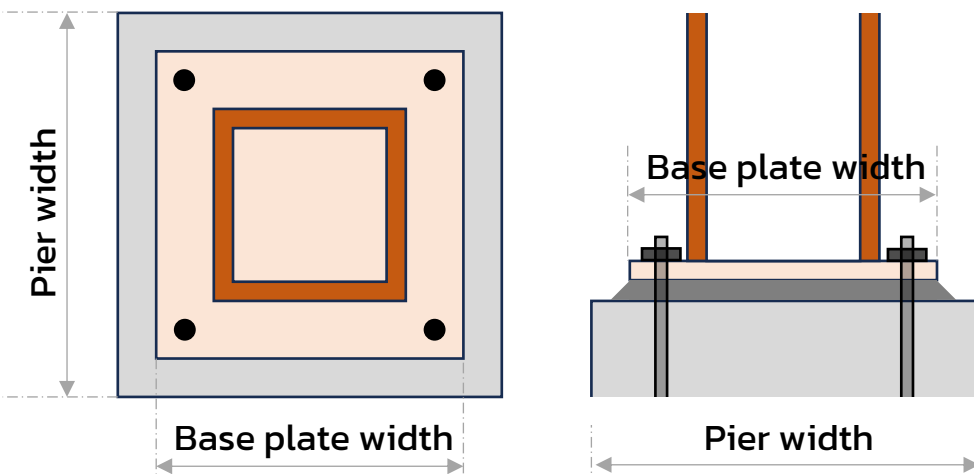
- กำหนดให้ anchor rod ห่างจากขอบเสา HSS 250x250 mm เป็นระยะ 37.5 mm (เพื่อความสะดวกในการทำงาน) และเพื่อระยะ edge distance จาก anchor rod ถึงขอบ base plate อีก 37.5 mm จะได้ความกว้าง base plate ที่ $250 + 2(37.5 + 37.5) = 400 \text{ mm}$
- ตรวจสอบความเหมาะสม สามารถติดตั้งแผ่น base plate ขนาด 400x400 mm บนต่อม่อขนาด 500x500 mm ได้

Column Base Plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate



Step 1: คำนวณหาผลรวมของแรง

ASD	LRFD
$P_a = DL + LL$ $= 120 + 70 = 190 \text{ T}$	$P_u = 1.2D + 1.6L$ $= 1.2(120) + 1.6(70) = 256 \text{ T}$

Step 2: ประมาณการความกว้างยาวของ base plate

พิจารณาจากขนาดเสาที่สามารถติดตั้ง anchor rod ได้ง่าย

- กำหนดให้ anchor rod ห่างจากขอบเสา HSS 250x250 mm เป็นระยะ 37.5 mm (เพื่อความสะดวกในการทำงาน) และเพื่อระยะ edge distance จาก anchor rod ถึงขอบ base plate อีก 37.5 mm จะได้ความกว้าง base plate ที่ $250 + 2(37.5 + 37.5) = 400 \text{ mm}$
- ตรวจสอบความเหมาะสม สามารถติดตั้งแผ่น base plate ขนาด 400x400 mm บนต่อม่อขนาด 500x500 mm ได้

Column Base Plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตตอม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของตอม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

Step 3: ตรวจสอบความแข็งแรงของตอม่อคอนกรีต

Base plate bearing area = $40 \times 40 = 1,600 \text{ cm}^2$

Concrete pier section area = $50 \times 50 = 2,500 \text{ cm}^2$

ผลจากการกระจายแรงอัด = $\sqrt{(2,500/1,600)} = 1.25$

ASD	LRFD
$P_{nc} = [(1.25) \cdot 0.85f'_c \cdot A_b] / \Omega$ $= [1.25 \cdot 0.85 \cdot 300 \cdot 1600] / 2.31$ $= 220,779 \text{ kg}$ $= 220.8 \text{ T} > 190 \text{ T} \quad \text{OK}$	$P_{nc} = \phi [(1.25) \cdot 0.85f'_c \cdot A_b]$ $= 0.65 \cdot [1.25 \cdot 0.85 \cdot 300 \cdot 1600]$ $= 331,500 \text{ kg}$ $= 331.5 \text{ T} > 256 \text{ T} \quad \text{OK}$

Step 4: คำนวณหาความหนา base plate ที่ต้องการ

- หาระยะยื่น base plate จากขอบเสา ทั้งด้านกว้างและด้านยาว

$$l = [B \text{ (or } N) - 0.95 \cdot \text{HSS width}] / 2$$

$$= [40 - 0.95(25)] / 2$$

$$= 8.125 \text{ cm}$$

Column Base Plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของต่อม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

Step 4: คำนวณหาความหนา base plate SS400 ที่ต้องการ

- ระยะยื่น base plate จากขอบเสา $l = 8.125$ cm
- ความหนา base plate SS400 ($F_y = 245$ MPa = 2,400 ksc)

ASD	LRFD
$t_p = l * \sqrt{\left(\frac{2\Omega_b P_a}{F_y B N}\right)}$ $= 8.13 \sqrt{\left(\frac{2 * 1.67 * 190,000}{2,400 * (1,600)}\right)}$ $= 3.30 \text{ cm}$	$t_p = l * \sqrt{\left(\frac{2P_u}{\phi_b F_y B N}\right)}$ $= 8.13 \sqrt{\left(\frac{2 * 256,000}{0.9 * 2,400 * (1,600)}\right)}$ $= 3.13 \text{ cm}$

- ความหนา base plate HY370 ($F_y = 370$ MPa = 3,700 ksc)

ASD	LRFD
$t_p = 8.13 \sqrt{\left(\frac{2 * 1.67 * 190,000}{3,700 * (1,600)}\right)}$ $= 2.66 \text{ cm}$	$t_p = 8.13 \sqrt{\left(\frac{2 * 256,000}{0.9 * 3,700 * (1,600)}\right)}$ $= 2.52 \text{ cm}$

Column Base Plate Design Example



#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของต่อม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

Calculation

Select Product

Base Plate

Connection

Calculation

Setting

<

Calculation

ction

Select Section

Rectangular

✓

Rou

<

Calculation

Insert Value

Steel Grade

SS400

Fy

2400.0

ksc

Fu

4000.0

ksc

f'c

300

ksc

B

400

mm

N

400

mm

tp

33

mm

W

500

mm

Column Base Plate Design Example



#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของต่อม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

<

Calculation

Capacity

Full Report

Nominal Bearing Strength of Concrete (P_p)

$\phi = 0.9 * 510,000 \text{ kg} = (1.25) * 0.85 f'_c * A_b$

Factored Nominal Bearing Strength of Concrete (ϕP_p)

$331,500 \text{ kg} > P_u = 256 \text{ T (Step 1)}$

Nominal Strength of Steel Base Plate (P_n)

$\phi = 0.9 * 316,725 \text{ kg} = F_y * 1/2 * B N * t_p^2 / l^2$

Factored Nominal Strength of Steel Base Plate (ϕP_n)

$285,053 \text{ kg} > P_u = 256 \text{ T (Step 1)}$

<

Calculation

Insert Value

Steel Grade

SS400

Fy

2400.0

ksc

Fu

4000.0

ksc

f'c

300

ksc

B

400

mm

N

400

mm

tp

33

mm

W

500

mm

Column Base Plate Design Example



#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของต่อม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

< Calculation

Capacity

Full Report



< Calculation Calculation

PDF Export

provided email.
(English available only)

Email *

Admin@WLSC.com

Project Name

Steel column base plate design

Project No.

001

Designed by

We love steel construction

Location

Project Location

Client

We love steel construction fan page

Date

Dec 4, 2025

SEND

Nominal Compressive Strength

Nominal Bearing Strength of Supporting Concrete

$$P_p = 0.85f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7f'_c A_1$$

$$P_p = 510,000 \quad kg$$

Factored Nominal Bearing Strength of Supporting Concrete

$$\phi P_p = 331,500 \quad kg$$

Allowable Bearing Strength of Supporting Concrete

$$\frac{P_p}{\Omega} = 220,779 \quad kg$$

Critical Base Plate Cantilever Dimension

$$m = \frac{N - 0.95 \text{Depth}}{2}$$

$$m = 8 \quad cm$$

Column Base Plate Design Example



#WeLoveSteelConstruction

ตัวอย่าง ออกแบบ base plate รองรับเสาท่อเหลี่ยม HSS 250x250x12 mm ที่รับแรงในแนวแกน DL 120 ตัน และ LL 70 ตัน ไม่มีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนในแนวราบ โดยติดตั้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคอนกรีตต่อม่อขนาด 50x50 cm (f'_c 300 ksc) โดย กำหนดเกรด base plate SS400 และ HY370

- **Step 1:** คำนวณหาผลรวมของแรง
- **Step 2:** ประมาณการความกว้างยาวของ base plate
- **Step 3:** ตรวจสอบความสามารถต้านทานแรงกด (bearing capacity) ของต่อม่อคอนกรีต
- **Step 4:** คำนวณหาความหนา base plate เพื่อต้านทานการดัด (bending) ที่ต้องการ

Nominal Compressive Strength		
Critical Base Plate Cantilever Dimension		
n	$= \frac{B - 0.8b_f}{2}$	
n	$= 8$	cm
λ	$= 1$	
l	$= \max(m, n, \lambda n')$	
l	$= 8$	cm
Nominal Compressive Strength (Flexural buckling)		
P_n	$= \frac{F_y B N t_p^2}{2l^2}$	
P_n	$= 316,725$	kg
Factored Nominal Compressive Strength		
ϕP_n	$= 285,053$	kg
Allowable Compressive Strength		
$\frac{P_n}{\Omega}$	$= 189,656$	kg

Base Plate with Low (SMALL) Moment

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเสาถ่ายแรงลงสู่ตอม่อ คอนกรีตผ่าน base plate หน้าของ base plate คือการกระจายแรงอัด ที่กระทำผ่านหน้าตัดเสา กระจาย “เต็มพื้นที่หน้าตัด base plate” เพื่อให้ความเค้นอัดที่กระทำระหว่าง base plate กับ concrete ลดน้อยลง
- การที่ column base ถ่ายโมเมนต์ จะส่งผล “เสมือน” แรงอัดกระทำเยื้องศูนย์กลาง ($e = \text{eccentricity}$) ส่งผลให้การกระจายแรงอัดใต้ base plate ไม่ uniform
- ในทางการคำนวณ Design Guide ตั้งแต่ฉบับที่ 2 กำหนดให้เป็นการกระจายแบบ uniform แต่มีพื้นที่การกระจายไม่เต็มหน้าตัด เหลือระยะการกระจาย Y

Concrete Bearing Stress (for low moment case)

The concrete bearing stress is assumed to be uniformly distributed over the area $Y \times B$. Equation 4-35, for the case of $e = \epsilon$ provides an expression for the length of bearing area, Y :

$$\frac{N}{2} - \frac{Y}{2} = e \quad (4-41)$$

Therefore:

$$Y = N - 2e \quad (4-42)$$

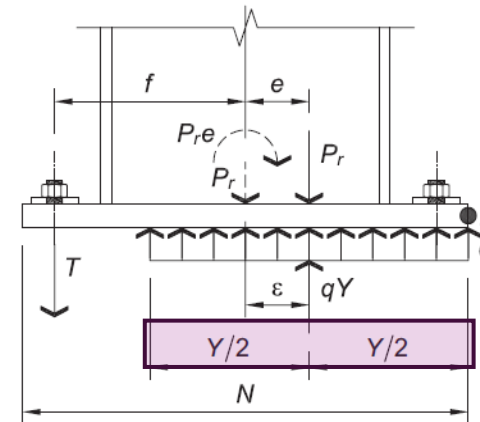


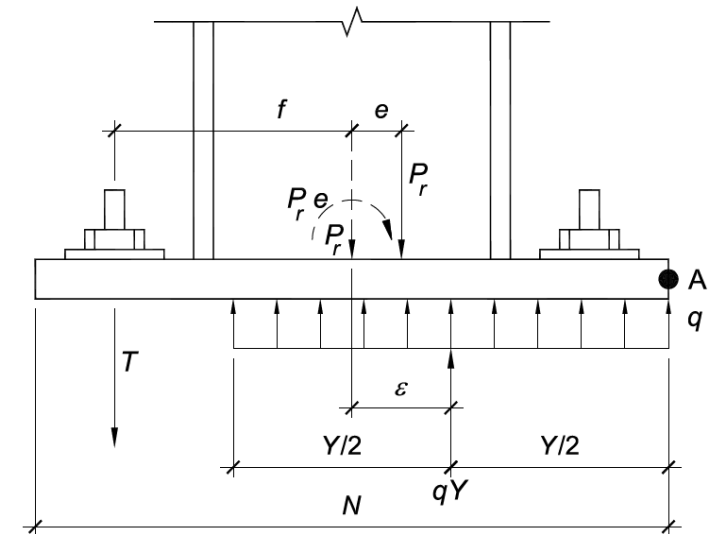
Fig. 4-7. Base plate with low moment.

Base plate with small moment

#WeLoveSteelConstruction

- กรณีที่ไม่มีโมเมนต์ มีแต่เพียงแรงอัด P_r ถ่ายจากเสา ลงสู่ base plate ที่มีความกว้าง N จะเกิด uniform pressure กระทำจาก concrete footing (หรือ pier) สู่ base plate มีค่าเท่ากับ P_r/N (ต่อหนึ่งหน่วยของระยะ base plate ที่ศทางตามความลึกกระดาษ)
- แต่เมื่อเกิด moment ที่ base plate ไปพร้อมกับแรงอัด P_r ที่กระทำ ณ ศูนย์กลาง base plate (และ column) โดย moment ดังกล่าวนี้นี้มีค่าเท่ากับ แรงอัด P_r คูณกับระยะเยื้องจากแนวศูนย์กลาง e ($M = P_r \cdot e$) "ในทางารประมาณการ" จะพอสรุปได้ว่าจะมีแรงอัด ที่เกิดจาก uniform pressure (q) เป็นระยะ Y หรือ compression force ที่กระทำกับ base plate มีค่าเท่ากับ qY ในขณะที่ anchor rod รับ tension T โดยกรณีไม่มีโมเมนต์ $e = 0$ จะพบว่า $N = Y$ แต่หาก moment เพิ่ม e ยิ่งเพิ่ม Y ยิ่งลดลง
- หากพิจารณา สมดุลของแรง จะได้ว่า $P_r + T = qY$ ในขณะที่ สมดุลโมเมนต์ (โมเมนต์รอบจุด A) $qY \cdot (Y/2) = P_r (N/2 - e) + T \cdot (N/2 + f)$ สำหรับกรณี **small moment** ข้อพิจารณาสำคัญคือ **"ไม่เกิด tension ที่ anchor rod"** หรือที่ $T = 0$ จะได้ว่า $P_r (Y/2) = P_r (N/2 - e)$ จัดรูปจะได้ $e = e_{max} = N/2 - Y_{min}/2$ โดยหาก concrete footing รับ bearing ได้สูงสุดที่ระดับแรง P_u อันส่งผลให้เกิด uniform pressure q_{max} (มากกว่านี้จะทำให้ concrete วิกฤติ) จะได้ว่า $Y_{min} = P_u/q_{max}$ หรือ $e_{max} = N/2 - P_u/2q_{max}$ โดย $q_{max} = f_{p,max} \cdot B$, $f_{p,max} = 0.85f'_c \sqrt{A_2/A_1}$
- ดังนั้น ต้องตรวจสอบว่า moment ยังเป็น small moment โดยการตรวจสอบ $e_{critical}$ ก่อนว่า $e = M_r/P_r$ ไม่เกินค่าสูงสุด ($e_{critical}$ ที่วิกฤติ) ที่ทำให้ concrete crushing $q = q_{max}$

$$\epsilon = \frac{N}{2} - \frac{Y}{2}$$
$$\epsilon_{max} = \frac{N}{2} - \frac{Y_{min}}{2} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{max}}$$
$$e_{crit} = \epsilon_{max} = \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{max}}$$



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Base plate with small moment

#WeLoveSteelConstruction

- จาก $e = N/2 - Y/2$ ณ จุด $e = e_{\text{critical}}$ จะได้ $Y = N - 2e = N - 2*[N/2 - P_r/2q_{\text{max}}]$ จัดรูป จะได้ $Y = P_r/q_{\text{max}}$ โดย $q_{\text{max}} = f_{p,\text{max}} * B$, $f_{p,\text{max}} = 0.85f'_c \sqrt{A_2/A_1}$ ซึ่งเป็นค่า pressure สูงสุดที่ concrete footing จะรับได้โดยไม่เกิดการบีบอัด (compression) และ B เป็นด้านลึกของ base plate
- สำหรับ stress ที่เกิดขึ้นด้านใต้ base plate: $f_p = P_r/YB = P_r/[B*(N - 2e)]$ โดยหาก m เป็น "ระยะยื่น" ตามแนวทางการพิจารณาก่อนหน้า จะได้ว่า moment ที่เกิดจาก f_p มีค่าเท่ากับ $M_{pl} = f_p * m^2/2$ หากว่า $Y > m$ (ดังแสดงตามรูป) แต่หาก $Y < m$ แล้ว จะได้ว่า $M_{pl} = f_p * Y(m - Y/2)$ ค่าดังกล่าวนี้ นำพิจารณาเทียบกับกำลังรับโมเมนต์ดัดที่ $M_n = F_y * t_p^2/4$ เพื่อหาค่าความหนาของ base plate t_p ที่เหมาะสม

3.3.4 General Design Procedure

1. Determine the axial load and moment.
2. Pick a trial base plate size, $N \times B$.
3. Determine the equivalent eccentricity,

$$e = M_r/P_r,$$

and the critical eccentricity,

$$e_{\text{crit}} = \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{\text{max}}}$$

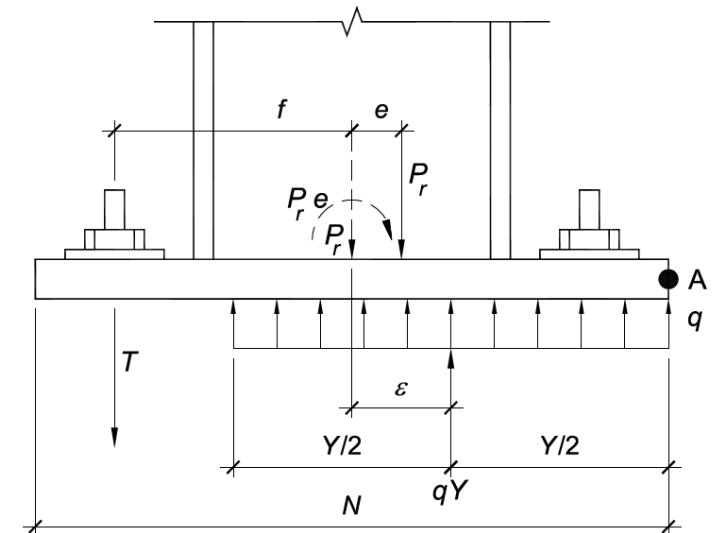
If $e \leq e_{\text{crit}}$, go to next step (design of the base plate with small moment); otherwise, refer to design of the base plate with large moment (Section 3.4).

4. Determine the bearing length, Y .
5. Determine the required minimum base plate thickness $t_{p(\text{req})}$.
6. Determine the anchor rod size.

$$\epsilon = \frac{N}{2} - \frac{Y}{2}$$

$$\epsilon_{\text{max}} = \frac{N}{2} - \frac{Y_{\text{min}}}{2} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{\text{max}}}$$

$$e_{\text{crit}} = \epsilon_{\text{max}} = \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{\text{max}}}$$



Small-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

- ตัวอย่างนี้ ให้ออกแบบ base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 100 kips และ LL 160 kips (1 kips ~ ครึ่งตัน) + โมเมนต์ M_{DL} 250 k-in และ M_{LL} 400 k-in ของเสา W12x96 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 36 ksi (ประมาณ SS400) และ f'_c concrete 4 ksi (280 ksc)
- **Step 1:** คำนวณหา แรงอัดและโมเมนต์ ตามหลักการ LRFD และ ASD ซึ่งแรงดังกล่าวเรียกรวมๆ ว่า **Required strength** หรือกำลังที่ต้องการให้ member สามารถรับได้
- **Step 2:** ประมาณขนาดของ base plate ตามหลักปฏิบัติที่ดี ควรเพื่อระยะให้สามารถติดตั้ง anchor rod โดยห่างออกจากขอบมุมของเสาประมาณ 3 เท่า anchor diameter (ประมาณ 1" หรือ เป็นระยะ 3" ทั้ง 2 ด้าน)
- **Step 3:** คำนวณหา ค่า e (จาก load) และ e_{crit} (จาก load กำลังรับแรงอัดคอนกรีต f'_c และ dimension ของ base plate)

Design a base plate for axial dead and live loads equal to 100 and 160 kips, respectively, and moments from the dead and live loads equal to 250 and 400 kip-in., respectively. Bending is about the strong axis for the wide flange column W12x96 with $d = 12.7$ in. and $b_f = 12.2$ in. The ratio of the concrete to base plate area is unity; F_y of the base plate is 36 ksi and f'_c of the concrete is 4 ksi.

1. Compute the required strength.

LRFD	ASD
$P_u = 1.2(100) + 1.6(160) = 376$ kips	$P_a = 100 + 160 = 260$ kips
$M_u = 1.2(250) + 1.6(400) = 940$ kip-in.	$M_a = 250 + 400 = 650$ kip-in.

2. Choose trial base plate size.

The base plate dimension $N \times B$ should be large enough for the installation of four anchor rods, as required by OSHA.

$$N > d + (2)(3.0 \text{ in.}) = 18.7 \text{ in.}$$

$$B > d_f + (2)(3.0 \text{ in.}) = 18.2 \text{ in.}$$

Try $N = 19$ in. and $B = 19$ in.

3. Determine e and e_{crit} .

LRFD	ASD
$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{940}{376} = 2.5$ in.	$e = \frac{M_a}{P_a} = \frac{650}{260} = 2.5$ in.
$f_{p(max)} = \phi_c (0.85 f'_c) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ $= (0.65)(0.85)(4)(1)$ $= 2.21$ ksi	$f_{p(max)} = \frac{(0.85 f'_c)}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ $= \frac{(0.85)(4)(1)}{2.50}$ $= 1.36$ ksi
$q_{max} = f_{p(max)} \times B$ $= (2.21)(19)$ $= 42.0$ kips/in.	$q_{max} = f_{p(max)} \times B$ $= (1.36)(19)$ $= 25.8$ kips/in.
$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 q_{max}}$ $= 1/2[19 - 376/42.0]$ $= 5.02$ in.	$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_a}{2 q_{max}}$ $= 1/2[19 - 260/25.8]$ $= 4.46$ in.

Therefore, $e < e_{crit}$, and the design meets the criteria for the case of a base plate with small moment.

หาก $e < e_{crit}$ สามารถสรุปได้ว่าเป็น small moment

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Small-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

- **Step 4:** คำนวณหา ระยะ Y ซึ่งเป็น "ค่าประมาณ uniform compression stress ที่เกิดระหว่าง base plate กับ concrete footing" ซึ่งขึ้นกับ load (P และ M อันส่งผลถึง $e = M/P$)
- **Step 5:** ประมาณความหนาของ base plate ซึ่งขึ้นกับ ระยะ Y (จาก Step 4) เทียบกับ "ระยะ ยื่น" ของ base plate ที่ยื่นออกจากขอบเสา ซึ่งประมาณการจาก ค่า m ซึ่งพิจารณาเทียบกับ section depth หรือความลึกของหน้าตัดเสา และค่า n ซึ่งพิจารณาเทียบกับ flange width หรือความกว้างของปีกเสา (ค่ามาก control)

ทั้งนี้ สมการ $t_p = 1.5m\sqrt{f_p/F_y}$ มาจาก

Load: $f_p = P/Y = P_u/Y$

$Y > m$: $w = f_p, M = \frac{1}{2}wm^2 = \frac{1}{2}f_pm^2$

Resistance: $M_n = M_p = F_yZ_x = F_y \cdot \frac{1}{4}t_p^2$

ดังนั้น $\phi M_n = 0.9 \frac{F_y}{4} t_p^2 = \frac{1}{2} f_p m^2$

4. Determine bearing length, Y.

$$Y = N - 2e = 19 - (2)(2.50) = 14 \text{ in.}$$

Verify bearing pressure:

LRFD	ASD
$q = \frac{P_u}{Y} = 376 \text{ kips/14 in.}$ $= 26.9 \text{ kips/in.} < 42.0 = q_{max} \text{ o.k.}$	$q = \frac{P_a}{Y} = 260 \text{ kips/14 in.}$ $= 18.6 \text{ kips/in.} < 25.8 = q_{max} \text{ o.k.}$

5. Determine minimum plate thickness.

At bearing interface:

$$m = \frac{N - 0.95d}{2}$$

$$= \frac{19 - 0.95(12.7)}{2}$$

$$= 3.47 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$f_p = \frac{P_u}{BY} = \frac{376}{(19)(14)} = 1.41 \text{ ksi}$	$f_p = \frac{P_a}{BY} = \frac{260}{(19)(14)} = 0.977 \text{ ksi}$

The minimum thickness may be calculated from Equation 3.3.14 since $Y \geq m$:

$$t_{p(req)} = 1.5m\sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$$

LRFD	ASD
$= (1.5)(3.47)\sqrt{\frac{1.41}{36}}$ $= 1.03 \text{ in.}$	$= (1.83)(3.47)\sqrt{\frac{0.977}{36}}$ $= 1.04 \text{ in.}$

Check the thickness using the value of n.

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} = \frac{19 - (0.8)(12.2)}{2} = 4.62 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$t_{p(req)} = (1.5)(4.62)\sqrt{\frac{1.41}{36}}$ $t_{p(req)} = 1.36 \text{ in. controls}$	$t_{p(req)} = (1.83)(4.62)\sqrt{\frac{0.977}{36}}$ $t_{p(req)} = 1.39 \text{ in. controls}$
Use a base plate $1\frac{1}{2}" \times 19" \times 1'-7"$.	Use a base plate $1\frac{1}{2}" \times 19" \times 1'-7"$.

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Small-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

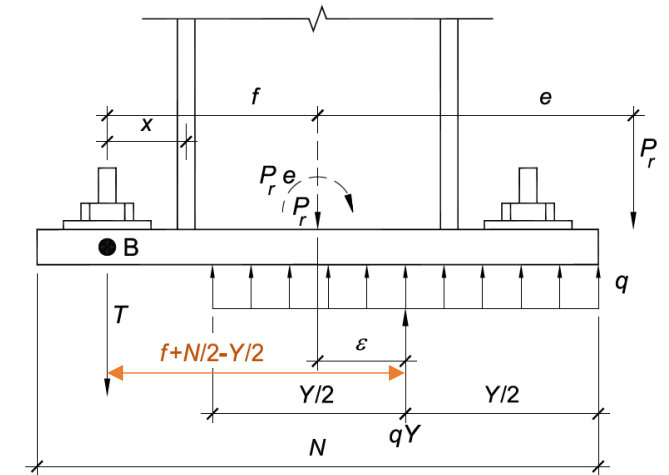
- **Step 6:** คำนวณหา ขนาด anchor rod โดยจากทั้ง base plate ที่รับ axial only และ axial + small moment จะพบว่า anchor rod ไม่มีผลต่อการรับแรงใดๆ (ไม่มีแรงเฉือน และด้วยเป็น small moment จึงไม่มีแรงดึง) ในทางปฏิบัติ มักกำหนดขนาด anchor rod ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า $\frac{3}{4}$ " หรือราว 19 mm (M20)
 - **ดังนั้น** ขนาดของ anchor rod จะมีผลจาก (1) ขนาดของ base shear ที่ถ่ายจากเสา ลงสู่ concrete foundation และ (2) ขนาดของ tension force กรณีอาคารเกิด uplift และ (3) ขนาดของ tension force กรณีเสาถ่ายโมเมนต์ขนาดใหญ่ (large moment)
- ย้ำ:** เส้นแบ่งระหว่าง large vs. small moment คือ จะเกิด tension กับ anchor หรือไม่

- กรณี **Large moment** เป็นกรณีที่ eccentricity = $e = P_r/M_r$ สูงมาก เกินกว่า e_{crit} ส่งผลทำให้ สมการคำนวณค่า Y ในกรณีของ Small moment ไม่ valid อีกต่อไป
- การหาค่า Y สำหรับ **Large moment** ซึ่งสะท้อน effective area ที่เกิด bearing ระหว่าง base plate และ concrete foundation ยังหาด้วยหลัก Force และ Moment equilibrium เช่นเดิม

6. Determine the anchor rod size.

Since no anchor rod forces exist, the anchor rod size can be determined based on the OSHA requirements and practical considerations.

Use four $\frac{3}{4}$ -in.-diameter rods, ASTM F1554, Grade 36; rod length = 12 in.



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Small-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 90 ตัน และ LL 120 ตัน โมเมนต์ M_{DL} 2.0 ตัน-เมตร และ M_{LL} 2.5 ตัน-เมตร ของเสา H 350x350x12x19 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 240 MPa (SS400) และคอนกรีต f'_c concrete 280 ksc โดยต่อม่อขนาดพอดีกับ Base plate
- **Step 1:** คำนวณหา แรงอัดและโมเมนต์ ตามหลักการ LRFD และ ASD ซึ่งแรงดังกล่าว เรียกรวมๆ ว่า **Required strength** หรือ กำลังที่ต้องการให้ member สามารถรับได้
- **Step 2:** ประมาณขนาดของ base plate ตามหลักปฏิบัติที่ดี ควรเผื่อระยะให้สามารถติดตั้ง anchor rod โดยห่างออกจากขอบมุมของเสา ประมาณ 3 เท่า anchor diameter (ประมาณ 1" หรือ เป็นระยะ 3" ทั้ง 2 ด้าน)

Step 1: พิจารณา Gravity load combination

ASD: Total load = $DL + LL$

Total moment = $M_{DL} + M_{LL}$

LRFD: Total load = $1.2DL + 1.6LL$

Total moment = $1.2M_{DL} + 1.6M_{LL}$

	LRFD	ASD
P_r (kg)		
M_r (kg-cm)		

Step 2: กำหนดระยะศูนย์กลาง anchor bolt ให้ห่างจากขอบเสา และขอบ Base plate 37.5 mm

ดังนั้น $N = d + 2*(37.5*2) = 350 + 150 = 500$ mm
 $B = b_f + 2*(37.5*2) = 350 + 150 = 500$ mm

ทดลองใช้ Base plate ขนาด 50 x 50 cm

Small-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 90 ตัน และ LL 120 ตัน โมเมนต์ M_{DL} 0.6 ตัน-เมตร และ M_{LL} 0.8 ตัน-เมตร ของเสา H 350x350x12x19 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 240 MPa (SS400) และคอนกรีต f'_c concrete 280 ksc โดย ต่อม่อนขนาดพอดีกับ Base plate
- **Step 3:** คำนวณหา ค่า e (จาก load) และ e_{crit} (จาก load กำลังรับแรงอัดคอนกรีต f'_c และ dimension ของ base plate)
- **Step 4:** คำนวณหา ระยะ Y ซึ่งเป็น "ค่าประมาณ uniform compression stress ที่เกิดระหว่าง base plate กับ concrete footing" ซึ่งขึ้นกับ load (P และ M อันส่งผลถึง $e = M/P$)

Step 3: ค่าการเยื้องศูนย์กลาง $e =$ eccentricity
 e ที่เกิดขึ้น จาก axial load และ moment $= M/P$
 $e_{critical} = N/2 - P/2q_{max}$ ($N = B = 50$ cm)
 q_{max} = uniform pressure ณ จุดที่คอนกรีตตอม่อนวิบัติ
 $= \phi 0.85f'_c \cdot \sqrt{A_2/A_1}$ **LRFD**
 $= 0.85f'_c / \Omega \cdot \sqrt{A_2/A_1}$ **ASD**
ต่อม่อนขนาดพอดีกับ Base plate จะได้ว่า $\sqrt{A_2/A_1} = 1$

	LRFD	ASD
$f_{p(max)}$		
q_{max}		
e		
$e_{critical}$		

$$f_{p(max)} = q_{max}/B$$

$$e \leq e_{critical}$$

Small moment

Step 4: $Y = N - 2e$, $N = 50$ cm และ $T + P_r = qY$ ถ้า $T = 0$, $q = Y/P_r$

	LRFD	ASD
Y (cm)		
q (kg/cm)		

$$q \leq q_{max} \quad \text{OK}$$

Small-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 90 ตัน และ LL 120 ตัน โมเมนต์ M_{DL} 0.6 ตัน-เมตร และ M_{LL} 0.8 ตัน-เมตร ของเสา H 350x350x12x19 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 240 MPa (SS400) และคอนกรีต f'_c concrete 280 ksc โดยต่อม่อนขนาดพอดีกับ Base plate
- **Step 5:** ประมาณความหนาของ base plate ซึ่งขึ้นกับ ระยะ Y (จาก Step 4) เทียบกับ "ระยะยื่น" ของ base plate ที่ยื่นออกจากขอบเสา ซึ่งประมาณการจาก ค่า m ซึ่งพิจารณาเทียบกับ section depth หรือความลึกของหน้าตัดเสา และค่า n ซึ่งพิจารณาเทียบกับ flange width หรือความกว้างของปีกเสา (ค่ามาก control)
- **Step 6:** คำนวณหา ขนาด anchor rod โดยจากทั้ง base plate ที่รับ axial only และ axial + small moment จะพบว่า anchor rod ไม่มีผลต่อการรับแรงใดๆ

Step 5: ระยะ cantilevered length

$$m = \frac{1}{2}(N - 0.95d) = \frac{1}{2}(50 - 0.95 \cdot 35) = 8.375 \text{ cm}$$

$$n = \frac{1}{2}(N - 0.8b_f) = \frac{1}{2}(50 - 0.8 \cdot 35) = 11 \text{ cm}$$

$$Y \geq m: \quad \text{LRFD} \quad \frac{1}{2}f_p \cdot m^2 = \phi F_y \cdot Z_x = \phi F_y \cdot \frac{1}{4}t_p^2$$
$$t_p = \sqrt{(2/\phi) \cdot m \cdot \sqrt{f_p/F_y}} = 1.5m \cdot \sqrt{(f_{pu}/F_y)}$$
$$\text{ASD} \quad t_p = 1.83m \cdot \sqrt{(f_p/F_y)}$$

	LRFD	ASD
f_p		
t_p (req ด้าน m)		
t_p (req ด้าน n)		

$$f_{p(max)} = P_r/YB$$

ตรวจสอบด้าน
n ด้วย (control)

Base Plate with Large Moment

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเสาถ่ายแรง axial load ลงสู่ตอม่อ คอนกรีตผ่าน base plate ที่มาพร้อมกับ bending moment จะส่งผลให้ แนวแรง axial load ไม่ผ่านศูนย์กลางของเสา ส่งผลให้ assumed-uniform reverse pressure มีพื้นที่การกระจายลดลง ขอบเขตที่กระจาย = ระยะ Y
- หากระยะ Y ลดลงมาก (ตาม eccentricity ที่เพิ่มขึ้น) ก็จะทำให้ concrete footing เกิดการวิบัติได้ง่าย (จาก pressure ที่สูงขึ้น ด้วย area ที่กระจายแรงลดลง)
- การพิจารณาจึงเริ่มจากการหา critical eccentricity ที่ไม่ส่งผลให้ concrete footing วิบัติ (pressure เกินค่า q_{max})

Design of Column Base Plates with Large Moments

When the magnitude of the bending moment is large relative to the column axial load, anchor rods are required to connect the base plate to the concrete foundation so that the base does not tip nor fail the concrete in bearing at the compressed edge. This is a common situation for rigid frames designed to resist lateral earthquake or wind loads and is schematically presented in Figure 4-8.

As discussed in the previous section, large moment conditions exist when:

$$e > e_{crit} > \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{max}} \quad (4-53)$$

Concrete Bearing and Anchor Rod Forces (for large moment case)

The bearing pressure, q , is equal to the maximum value, q_{max} , for eccentricities greater than e_{crit} . In order to calculate the total concrete bearing force and the anchor rod forces, consider the force diagram shown in Figure 4-8.

Vertical force equilibrium requires that:

$$\sum F_{vertical} = 0 \quad (4-54)$$

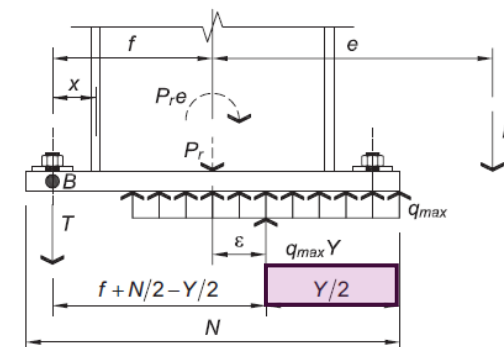


Fig. 4-8. Base plate with large moment.

Base plate with large moment

#WeLoveSteelConstruction

- **เส้นแบ่ง** ระหว่าง base plate ที่รับ small กับ large moment คือ การเกิดแรงทอน ใน anchor rod (small ไม่เกิด large เกิด)
- **การพิจารณา** ทำได้โดยการตรวจสอบค่าการเยื้องศูนย์ $e = M_r/P_r$ ว่าเป็นค่ามาก (large) หรือน้อยกว่า (small) ค่า e ที่จุดวิกฤต หรือ critical eccentricity, e_c โดย

$$e_c = N/2 - P_r/2q_{\max}$$

- **รูปแบบการวิบัติ** หรือ **Limit state** จะมีโอกาสเกิดการพังวิบัติที่บริเวณใดส่วนใดได้บ้าง ด้วยแรงแรงมากน้อยเพียงใด รูปแบบที่ใช้แรงแรงน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการวิบัติ จะเป็นรูปแบบที่ control พฤติกรรมของ base plate connection โดยรูปแบบต่าง ๆ เช่น
 - **Bearing** กดคอนกรีตต่อม่อแตก
 - **Anchor rod** ถูกดึงขาด
 - **Base plate** เกิดการดัดตัวจนคราก

Bearing กดคอนกรีตตามองจนแตก

ยิ่ง moment เกิดมาก ยิ่งทำให้ระยะ Y ที่ distribute pressure q ลดน้อยลง เกิด bearing force, qY มากยิ่งขึ้น และส่งผลต่อ แรงดึง T ใน anchor rod มากขึ้น โดย

Sum (Force) = 0: $T + P_r = q_{\max} Y$

Sum (Moment) = 0:

$$q_{\max} Y^*[f + N/2 - Y/2] - P_r^*(f + e) = 0$$

จัดรูปสมการ quadratic หาคะยะ Y

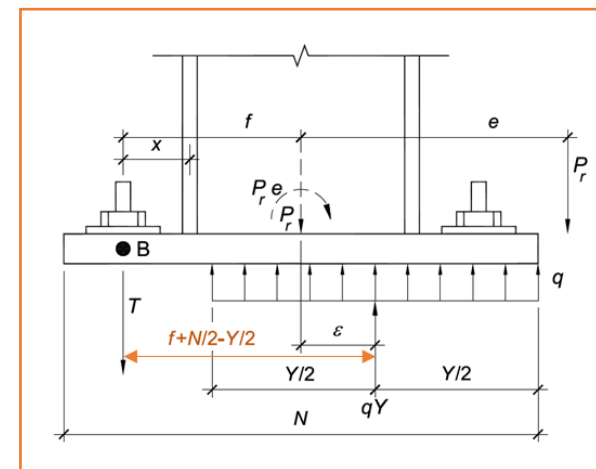
$$Y^2 - 2\left(\frac{N}{2} + f\right)Y + \frac{2P_r(e + f)}{q_{max}} = 0$$

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2P_r(e+f)}{q_{max}}}$$

สมการ quadratic จะเป็นจริง ก็ต่อเมื่อ

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2P_r(e+f)}{q_{\max}}$$

ต้องตรวจสอบ validity เมื่อออกแบบ



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Base plate with large moment

#WeLoveSteelConstruction

- **เส้นแบ่ง** ระหว่าง base plate ที่รับ small กับ large moment คือ การเกิดแรงทอน ใน anchor rod (small ไม่เกิด large เกิด)
- **การพิจารณา** ทำได้โดยการตรวจสอบค่าการเยื้องศูนย์ $e = M_r/P_r$ ว่าเป็นค่ามาก (large) หรือน้อยกว่า (small) ค่า e ที่จุดวิกฤต หรือ critical eccentricity, e_c โดย

$$e_c = N/2 - P_r/2q_{\max}$$

- **รูปแบบการวิบัติ** หรือ **Limit state** จะมีโอกาสเกิดการพังวิบัติที่บริเวณใดส่วนใดได้บ้าง ด้วยแรงแรงมากน้อยเพียงใด รูปแบบที่ใช้แรงแรงน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการวิบัติ จะเป็นรูปแบบที่ control พฤติกรรมของ base plate connection โดยรูปแบบต่าง ๆ เช่น
 - **Bearing** กดคอนกรีตต่อม่อแตก
 - **Anchor rod** ถูกดึงขาด
 - **Base plate** เกิดการดัดตัวจนคราก

Bearing กดคอนกรีตตามองจนแตก

ยิ่ง moment เกิดมาก ยิ่งทำให้ระยะ Y ที่ distribute pressure q ลดน้อยลง เกิด bearing force, qY มากยิ่งขึ้น และส่งผลต่อ แรงดึง T ใน anchor rod มากขึ้น โดย

Sum (Force) = 0: $T + P_r = q_{\max} Y$

Sum (Moment) = 0:

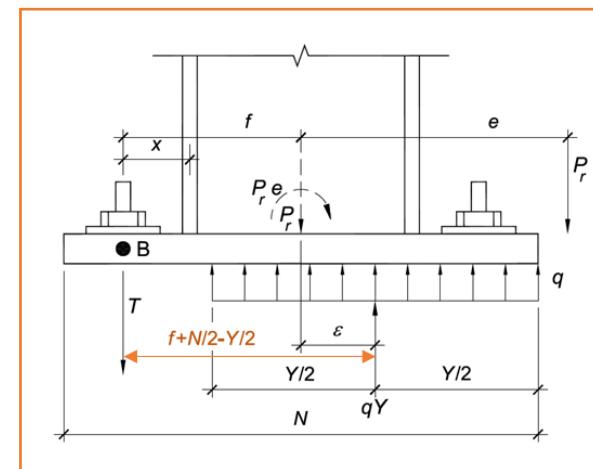
$$q_{\max} Y^*[f + N/2 - Y/2] - P_r^*(f + e) = 0$$

จัดรูป แก๊สมการ หาระยะ Y ที่เกิด $q_{\max}$ จะได้

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2P_r(e+f)}{q_{max}}} \quad (3.4.3)$$

แทน $e = N/2 - P_r/2q_{\max}$
และพิจารณา negative
term จะได้

$$Y = P_r/q_{\max}$$



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Base plate with large moment

#WeLoveSteelConstruction

- **Base plate** เกิดการดัดตัวจนครากด้านที่กด สมการ 3.3.14a - 3.3.15b ซึ่งเป็นการพิจารณา base plate with small moment จะได้รูป สมการเดียวกัน แต่เปลี่ยนจาก f_p เป็น $f_{p(max)}$ ซึ่งเป็นกำลังรับแรงอัดสูงสุดที่คอนกรีตต่อม่อ สามารถรับได้ จะได้ความหนาที่ต้องการดังนี้

If $Y \geq m$:

$$t_{p(req)} = 1.5m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.3.14a)$$

$$t_{p(req)} = 1.83m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.3.14b)$$

If $Y < m$:

$$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{f_{p(max)} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.3.15a)$$

$$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{f_{p(max)} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.3.15b)$$

For $Y \geq m$:

$$t_{p(req)} = \sqrt{\frac{4 \left\{ f_p \left(\frac{m^2}{2} \right) \right\}}{0.90 F_y}} = 1.5m \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.3.14a)$$

$$t_{p(req)} = \sqrt{\frac{4 \left\{ f_p \left(\frac{m^2}{2} \right) \right\}}{F_y / 1.67}} = 1.83m \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.3.14b)$$

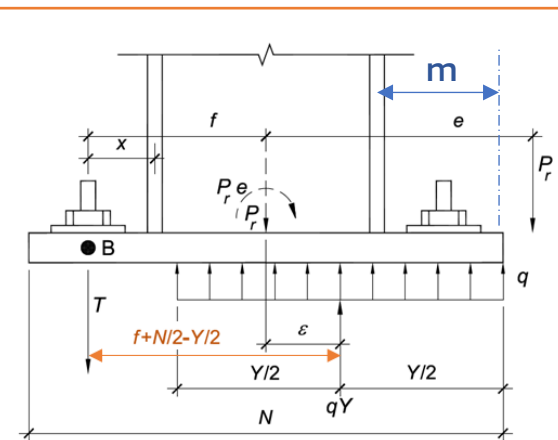
For $Y < m$:

$$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{f_p Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.3.15a)$$

$$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{f_p Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.3.15b)$$

Bearing กดคอนกรีตต่อม่อจนแตก

$$Y = P_r / q_{\max}$$



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Base plate with large moment

#WeLoveSteelConstruction

- **Base plate** เกิดการดัดจนครากด้านที่ถูกดึง โดย anchor rod จะได้โมเมนต์ที่เกิดที่ base plate ทั้งนี้ $x = f - d/2 - t_f/2$ (d = depth)

$$M_{pl} = \frac{T_u x}{B} \text{ (LRFD)} \quad M_{pl} = \frac{T_a x}{B} \text{ (ASD)}$$

แก้สมการ จะหาความหนา base plate โดยไม่เกิดการ yield (โมเมนต์ดัด) ด้านที่ถูกดึงดังนี้

Base plate เกิดการดัดจนครากด้านที่ถูกดึง

$$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{T_u x}{B F_y}} \text{ (LRFD)} \quad (3.4.7a)$$

$$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{T_a x}{B F_y}} \text{ (ASD)} \quad (3.4.7b)$$

Base plate เกิดการดัดจนครากด้านที่กด

If $Y \geq m$:

$$t_{p(req)} = 1.5m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}} \text{ (LRFD)} \quad (3.3.14a)$$

$$t_{p(req)} = 1.83m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}} \text{ (ASD)} \quad (3.3.14b)$$

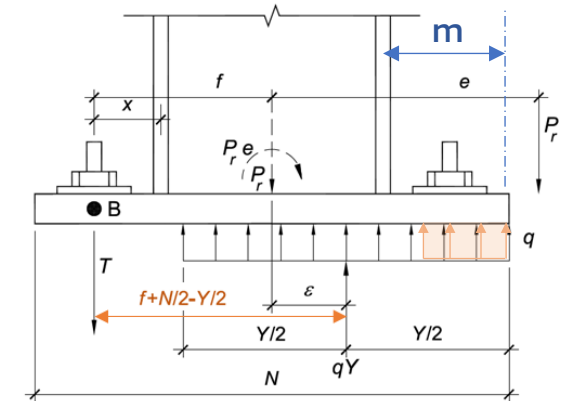
If $Y < m$:

$$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{f_{p(max)} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \text{ (LRFD)} \quad (3.3.15a)$$

$$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{f_{p(max)} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \text{ (ASD)} \quad (3.3.15b)$$

Bearing กดคอนกรีตต่อ
ม่อจนแตก

$$Y = P_r / q_{\max}$$



Base plate with large moment

#WeLoveSteelConstruction

• Design Process

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(req)}$
6. หาขนาด anchor bolt

Base plate เกิดการดัดจนครากด้านที่ถูกดึง

$$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{T_u x}{B F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.4.7a)$$

$$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{T_a x}{B F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.4.7b)$$

Base plate เกิดการดัดจนครากด้านที่ถูกกด

If $Y \geq m$:

$$t_{p(req)} = 1.5m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.3.14a)$$

$$t_{p(req)} = 1.83m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.3.14b)$$

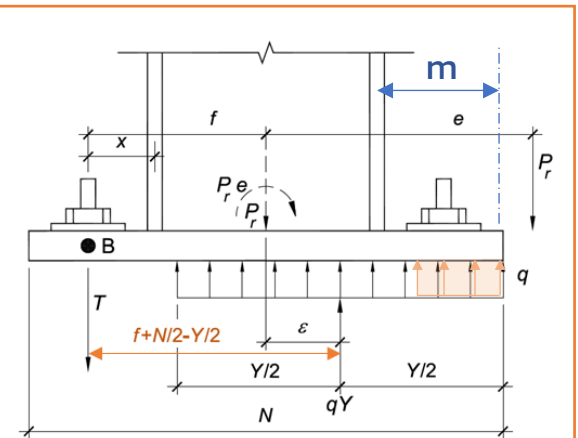
If $Y < m$:

$$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{f_{p(max)} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (\text{LRFD}) \quad (3.3.15a)$$

$$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{f_{p(max)} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (\text{ASD}) \quad (3.3.15b)$$

Bearing กดคอนกรีตต่อ
ม่อจนแตก

$$Y = P_r / q_{\max}$$



Large-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

• Design Process

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(\text{req})}$
6. หาขนาด anchor bolt

- ตัวอย่าง ออกแบบ base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 100 kips และ LL 160 kips (1 kips ~ ครึ่งตัน) + โมเมนต์ M_{DL} 1,000 k-in และ M_{LL} 1,500 k-in ของเสา W12x96 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 36 ksi (ประมาณ SS400) และ f'_c concrete 4 ksi (280 ksc)

1. Compute the required strength.

LRFD	ASD
$P_u = 1.2(100) + 1.6(160)$ = 376 kips	$P_a = 100 + 160$ = 260 kips
$M_u = 1.2(1,000) + 1.6(1,500)$ = 3,600 kip-in.	$M_a = 1,000 + 1,500$ = 2,500 kip-in.

2. Choose trial base plate size.

$$N > d + (2)(3.0 \text{ in.}) = 18.7 \text{ in.}$$

$$B > b_f + (2)(3.0 \text{ in.}) = 18.2 \text{ in.}$$

Try $N = 19 \text{ in.}$ and $B = 19 \text{ in.}$

3. Determine e and e_{crit} ; check inequality in Equation 3.4.4 to determine if a solution exists.

LRFD	ASD
$q_{\max} = 24.0 \text{ kips/in.}$ (See Example 4.6)	$q_{\max} = 25.8 \text{ kips/in.}$ (See Example 4.6)
$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{3,600 \text{ kip-in.}}{376 \text{ kips}}$ = 9.57 in.	$e = \frac{M_a}{P_a} = \frac{2,500 \text{ kip-in.}}{260 \text{ kips}}$ = 9.62 in.
$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 q_{\max}}$ = $\frac{19}{2} - \frac{376}{(2)(24.0)}$ = 5.02 in.	$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_a}{2 q_{\max}}$ = $\frac{19}{2} - \frac{260}{(2)(25.8)}$ = 5.03 in.
$e > e_{crit}$	$e > e_{crit}$

Check the inequality of Equation 3.4.4:

Assume that the anchor rod edge distance is 1.5 in. Therefore,

$$f = \frac{N}{2} - 1.5$$

$$f = 9.5 - 1.5 = 8 \text{ in.}$$

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 = (8 + 9.5)^2 = 306$$

LRFD	ASD
$\frac{2 P_u (e + f)}{q_{\max}} = \frac{(2)(376)(9.57 + 8)}{42}$ = 315	$\frac{2 P_a (e + f)}{q_{\max}} = \frac{(2)(260)(9.62 + 8)}{25.8}$ = 355
Since $315 > 306$, the inequality is not satisfied.	Since $315 > 306$, the inequality is not satisfied.
Hence, a larger plate dimension is required.	Hence, a larger plate dimension is required.

As the second iteration, try a 20×20 plate.

The increased dimensions cause a modification in the maximum bearing pressure, $q_{\max}$, f , and e_{crit} . The new values become

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Large-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

• Design Process

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, t_p (req)
6. หาขนาด anchor bolt

- ตัวอย่าง ออกแบบ base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 100 kips และ LL 160 kips (1 kips ~ ครึ่งตัน) + โมเมนต์ M_{DL} 1,000 k-in และ M_{LL} 1,500 k-in ของเสา W12x96 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 36 ksi (ประมาณ SS400) และ f'_c concrete 4 ksi (280 ksc)

1. Compute the required strength.

LRFD	ASD
$P_u = 1.2(100) + 1.6(160)$ = 376 kips	$P_a = 100 + 160$ = 260 kips
$M_u = 1.2(1,000) + 1.6(1,500)$ = 3,600 kip-in.	$M_a = 1,000 + 1,500$ = 2,500 kip-in.

2. Choose trial base plate size.

$$N > d + (2)(3.0 \text{ in.}) = 18.7 \text{ in.}$$

$$B > b_f + (2)(3.0 \text{ in.}) = 18.2 \text{ in.}$$

Try $N = 19 \text{ in.}$ and $B = 19 \text{ in.}$

3. Determine e and e_{crit} ; check inequality in Equation 3.4.4 to determine if a solution exists.

LRFD	ASD
$q_{\max} = 24.0 \text{ kips/in.}$ (See Example 4.6)	$q_{\max} = 25.8 \text{ kips/in.}$ (See Example 4.6)
$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{3,600 \text{ kip-in.}}{376 \text{ kips}}$ = 9.57 in.	$e = \frac{M_a}{P_a} = \frac{2,500 \text{ kip-in.}}{260 \text{ kips}}$ = 9.62 in.
$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 q_{\max}}$ = $\frac{19}{2} - \frac{376}{2(24.0)}$ = 5.02 in.	$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_a}{2 q_{\max}}$ = $\frac{19}{2} - \frac{260}{2(25.8)}$ = 5.03 in.
$e > e_{crit}$	$e > e_{crit}$

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2 P_r (e + f)}{q_{\max}} \quad (3.4.4)$$

LRFD	ASD
$q_{\max} = (2.21)(B)$ = $(2.21)(20)$ = 44.2 kips/in.	$q_{\max} = (1.36)(B)$ = $(1.36)(20)$ = 27.2 kips/in.
$f = \frac{20}{2} - 1.5 = 8.5 \text{ in.}$	$f = \frac{20}{2} - 1.5 = 8.5 \text{ in.}$
$e_{crit} = \frac{20}{2} - \frac{376}{2(44.2)}$ = 5.75 in.	$e_{crit} = \frac{20}{2} - \frac{260}{2(27.2)}$ = 5.22 in.
The eccentricity, e , still exceeds e_{crit} ; therefore, the load combination is for large moments. Also:	The eccentricity, e , still exceeds e_{crit} ; therefore, the load combination is for large moments. Also:
$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 = (8.5 + 10)^2 = 342$	$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 = (8.5 + 10)^2 = 342$
$\frac{2 P_u (e + f)}{q_{\max}} = \frac{(2)(376)(9.57 + 9.5)}{44.2} = 324$	$\frac{2 P_a (e + f)}{q_{\max}} = \frac{(2)(260)(9.62 + 9.5)}{29.9} = 332$
$324 < 342$, therefore the inequality in Equation 3.4.4 is satisfied and a real solution for Y exists.	$332 < 342$, therefore the inequality in Equation 3.4.4 is satisfied and a real solution for Y exists.

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Large-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

• Design Process

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(req)}$
6. หาขนาด anchor bolt

- ตัวอย่าง ออกแบบ base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 100 kips และ LL 160 kips (1 kips ~ ครึ่งตัน) + โมเมนต์ M_{DL} 1,000 k-in และ M_{LL} 1,500 k-in ของเสา W12x96 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 36 ksi (ประมาณ SS400) และ f'_c concrete 4 ksi (280 ksc)

4. Determine bearing length, Y , and anchor rod tension, T_u or T_a .

LRFD	ASD
$Y = \left(f + \frac{N}{2} \right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2} \right)^2 - \frac{2P_u(e+f)}{q_{\max}}}$ $Y = \left(9.5 + \frac{20}{2} \right) \pm \sqrt{\left(9.5 + \frac{20}{2} \right)^2 - \frac{2(376)(9.57+9.5)}{44.2}}$ $= 19.5 \pm 7.47$ $Y = 12.0 \text{ in.}$ $T_u = qY - P_u = (44.2)(12.0) - 376$ $= 156 \text{ kips}$	$Y = \left(f + \frac{N}{2} \right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2} \right)^2 - \frac{2P_a(e+f)}{q_{\max}}}$ $Y = \left(9.5 + \frac{20}{2} \right) \pm \sqrt{\left(9.5 + \frac{20}{2} \right)^2 - \frac{2(260)(9.62+9.5)}{29.9}}$ $= 19.5 \pm 6.90$ $Y = 12.6 \text{ in.}$ $T_a = qY - P_a = (29.9)(12.6) - 260$ $= 117 \text{ kips}$

5. Determine minimum plate thickness.

At bearing interface:

$$m = \frac{N - 0.95d}{2}$$

$$= \frac{20 - 0.95(12.7)}{2}$$

$$= 3.97 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$f_p = f_{p(max)} = 2.21 \text{ ksi}$	$f_p = f_{p(max)} = 1.36 \text{ ksi}$

Because $Y \geq m$:

LRFD	ASD
$t_{p(req)} = 1.5m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}}$ $= (1.5)(3.97) \sqrt{\frac{2.21}{36}}$ $t_{p(req)} = 1.48 \text{ in.}$	$t_{p(req)} = 1.83m \sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}}$ $= (1.83)(3.97) \sqrt{\frac{1.36}{36}}$ $t_{p(req)} = 1.41 \text{ in.}$

At tension interface:

$$x = \frac{N}{2} - \frac{d}{2} - 1.5 = \frac{20}{2} - \frac{12.7}{2} - 1.5$$

$$= 2.15 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$t_{p(req)} = 2.11 \sqrt{\frac{T_u x}{BF_y}}$ $= 2.11 \sqrt{\frac{(156)(2.15)}{(20)(36)}}$ $t_{p(req)} = 1.44 \text{ in.}$	$t_{p(req)} = 2.58 \sqrt{\frac{T_a x}{BF_y}}$ $= 2.58 \sqrt{\frac{(117)(2.15)}{(20)(36)}}$ $t_{p(req)} = 1.52 \text{ in.}$

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Large-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

• Design Process

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาคความหนา base plate, $t_{p(req)}$
6. หาขนาด anchor bolt

- ตัวอย่าง ออกแบบ base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 100 kips และ LL 160 kips (1 kips ~ ครึ่งตัน) + โมเมนต์ M_{DL} 1,000 k-in และ M_{LL} 1,500 k-in ของเสา W12x96 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 36 ksi (ประมาณ SS400) และ f'_c concrete 4 ksi (280 ksc)

Check the thickness using the value of n .

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} = \frac{20 - 0.8(12.2)}{2} = 5.12 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$t_{p(req)} = (1.5)(5.12)\sqrt{\frac{2.21}{36}}$ = 1.90 in. controls	$t_{p(req)} = (1.83)(5.12)\sqrt{\frac{1.36}{36}}$ = 1.82 in. controls

Bearing interface governs the design of base plate thickness. Use 2-in. plate.

5. Determine minimum plate thickness.

At bearing interface:

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = \frac{20 - 0.95(12.7)}{2} = 3.97 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$f_p = f_{p(max)} = 2.21 \text{ ksi}$	$f_p = f_{p(max)} = 1.36 \text{ ksi}$

Because $Y \geq m$:

LRFD	ASD
$t_{p(req)} = 1.5m\sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}}$ = $(1.5)(3.97)\sqrt{\frac{2.21}{36}}$ $t_{p(req)} = 1.48 \text{ in.}$	$t_{p(req)} = 1.83m\sqrt{\frac{f_{p(max)}}{F_y}}$ = $(1.83)(3.97)\sqrt{\frac{1.36}{36}}$ $t_{p(req)} = 1.41 \text{ in.}$

At tension interface:

$$x = \frac{N}{2} - \frac{d}{2} - 1.5 = \frac{20}{2} - \frac{12.7}{2} - 1.5 = 2.15 \text{ in.}$$

LRFD	ASD
$t_{p(req)} = 2.11\sqrt{\frac{T_u x}{BF_y}}$ = $2.11\sqrt{\frac{(156)(2.15)}{(20)(36)}}$ $t_{p(req)} = 1.44 \text{ in.}$	$t_{p(req)} = 2.58\sqrt{\frac{T_a x}{BF_y}}$ = $2.58\sqrt{\frac{(117)(2.15)}{(20)(36)}}$ $t_{p(req)} = 1.52 \text{ in.}$

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Large-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

- **Design Process**

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(\text{req})}$
6. หาขนาด anchor bolt

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Base plate ที่รับแรงอัดจาก DL 90 ตัน และ LL 120 ตัน โมเมนต์ M_{DL} 20 ตัน-เมตร และ M_{LL} 25 ตัน-เมตร ของเสา H 350x350x12x19 รอบ strong axis โดย base plate ใช้ F_y 240 MPa (SS400) และคอนกรีต f'_c concrete 280 ksc โดยต่อมือนวดพอดีกับ Base plate

Step 1: พิจารณา Gravity load combination

ASD: Total load = $DL + LL$

Total moment = $M_{DL} + M_{LL}$

LRFD: Total load = $1.2DL + 1.6LL$

Total moment = $1.2M_{DL} + 1.6M_{LL}$

	LRFD	ASD
P_r (kg)		
M_r (kg-cm)		

Step 2: กำหนดระยะศูนย์กลาง anchor bolt ให้ห่างจากขอบเสา และขอบ Base plate 37.5 mm

ดังนั้น $N = d + 2*(37.5*2) = 350 + 150 = 500 \text{ mm}$
 $B = b_f + 2*(37.5*2) = 350 + 150 = 500 \text{ mm}$

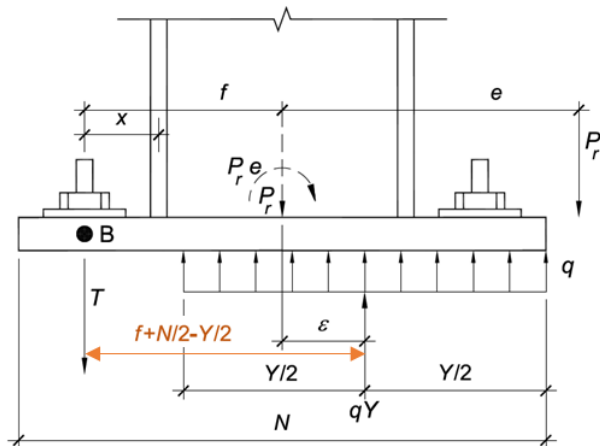
ทดลองใช้ Base plate ขนาด 50 x 50 cm

Large-moment base plate Design Example

#WeLoveSteelConstruction

• Design Process

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(\text{req})}$
6. หาขนาด anchor bolt



Step 3: คำนวณการเยื้องศูนย์กลาง $e = \text{eccentricity}$

e ที่เกิดขึ้น จาก axial load และ moment = M/P

$$e_{\text{critical}} = N/2 - P/2q_{\max} \quad (N = B = 50 \text{ cm})$$

$q_{\max}$ = uniform pressure ณ จุดที่คอนกรีตตอม่อวิบัติ

$$= \phi 0.85f'_c \sqrt{A_2/A_1} \quad \text{LRFD}$$

$$= 0.85f'_c / \Omega \sqrt{A_2/A_1} \quad \text{ASD}$$

ตอม่อขนาดพอดีกับ Base plate จะได้ว่า $\sqrt{A_2/A_1} = 1$

	LRFD	ASD
$f_{p(\max)}$		
$q_{\max}$		
e		
e_{critical}		

$$f_{p(\max)} = q_{\max}/B$$

$e > e_{\text{critical}}$
Large moment

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2P_r(e+f)}{q_{\max}}$$

ต้องตรวจสอบ validity เมื่อออกแบบ

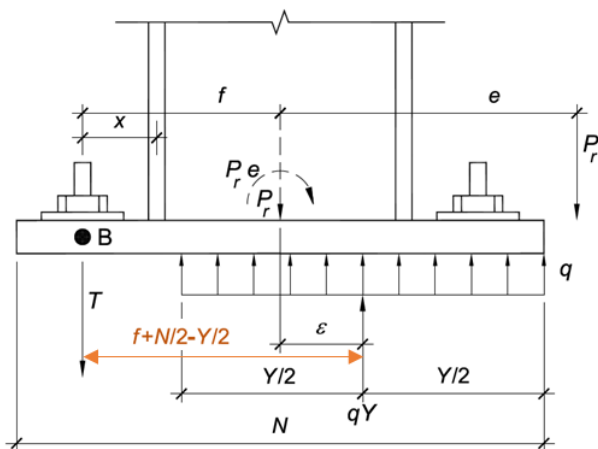
	LRFD	ASD
$(f + N/2)^2$		
$2P_r(e+f)/q_{\max}$		

Large-moment base plate **Design Example**

#WeLoveSteelConstruction

- **Design Process**

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(\text{req})}$
6. หาขนาด anchor bolt



Step 4: Y = ระยะที่เกิด uniform pressure (q) กรณี small moment ($T = 0$) $Y = N - 2e$ แต่กรณี large moment หาได้จาก การแก้สมการ quadratic equation (สมมูลของโมเมนต์)

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2P_r(e+f)}{q_{max}}} \quad (3.4.3)$$

และจาก สมดุลของแรง $T = P_r + qY$ จะได้

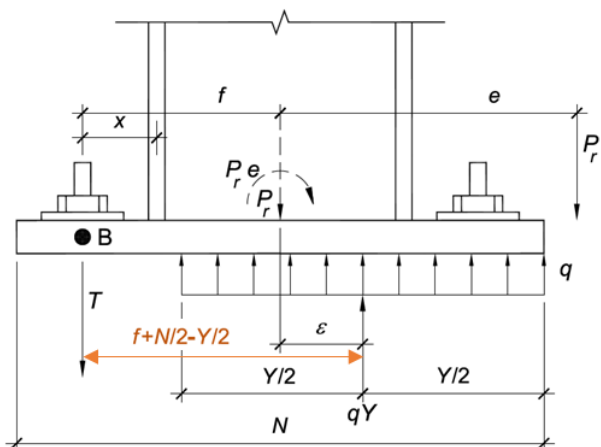
	LRFD	ASD
Y_{large moment}		
T		

$$m = \frac{1}{2} * (N - 0.95d)$$

$$n = \frac{1}{2} * (N - 0.8b_f)$$

#WeLoveSteelConstruction

1. หา P_r และ M_r
2. สมมติขนาด base plate $N \times B$
3. หาค่าการเยื้อง $e = M_r / P_r$
4. หาระยะ Y และ $T = q_{\max} Y - P_r$
5. หาความหนา base plate, $t_{p(\text{req})}$
6. หาขนาด anchor bolt



บริเวณที่เกิดแรงดึง (tension interface), $x = f - d/2 - b_f/2$

LRFD $T_u \cdot X = \phi F_y \cdot Z_x = \phi F_y \cdot \frac{1}{4} \cdot B \cdot t_p^2$
 $t_p = \sqrt[3]{(4/\phi) \cdot (T_u \cdot X / B F_y)}$
 $= 2.11 \cdot \sqrt[3]{(T_u \cdot X / B F_y)}$

ASD $t_p = 2.58 \cdot \sqrt{(T_a \cdot x / B F_y)}$

	LRFD	ASD
t_p (req at tension)		

Considerations

#WeLoveSteelConstruction

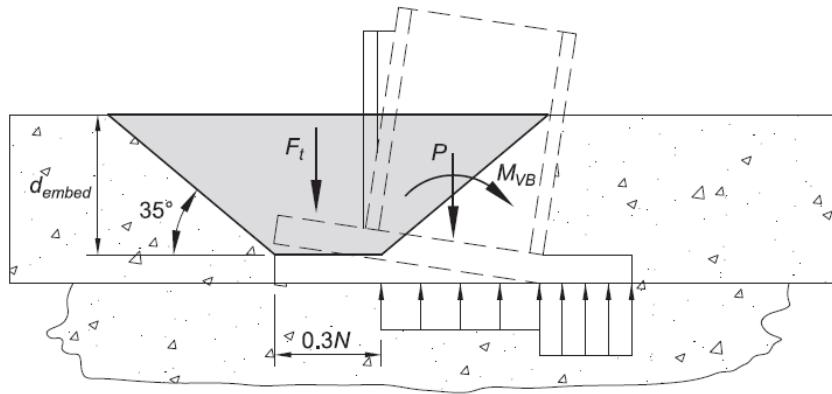


Fig. 5-6. Concrete breakout force above the tension side of the connection in the absence of horizontal reinforcement.

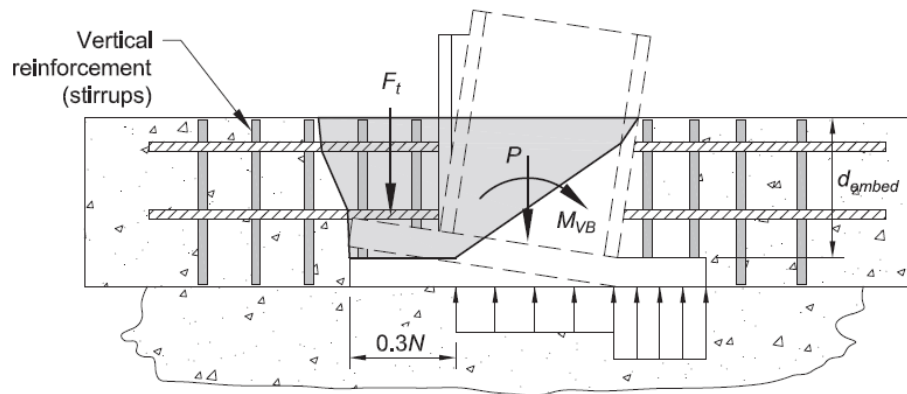


Fig. 5-7. Breakout force of concrete above the tension side of the connection.

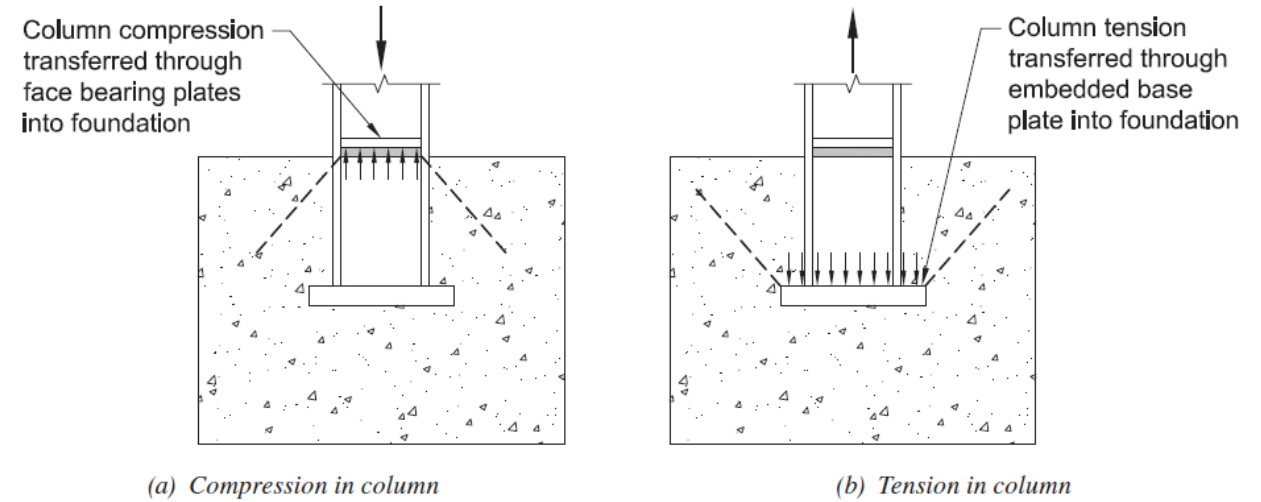


Fig. 5-4. Column axial force transfer in Type I connections.

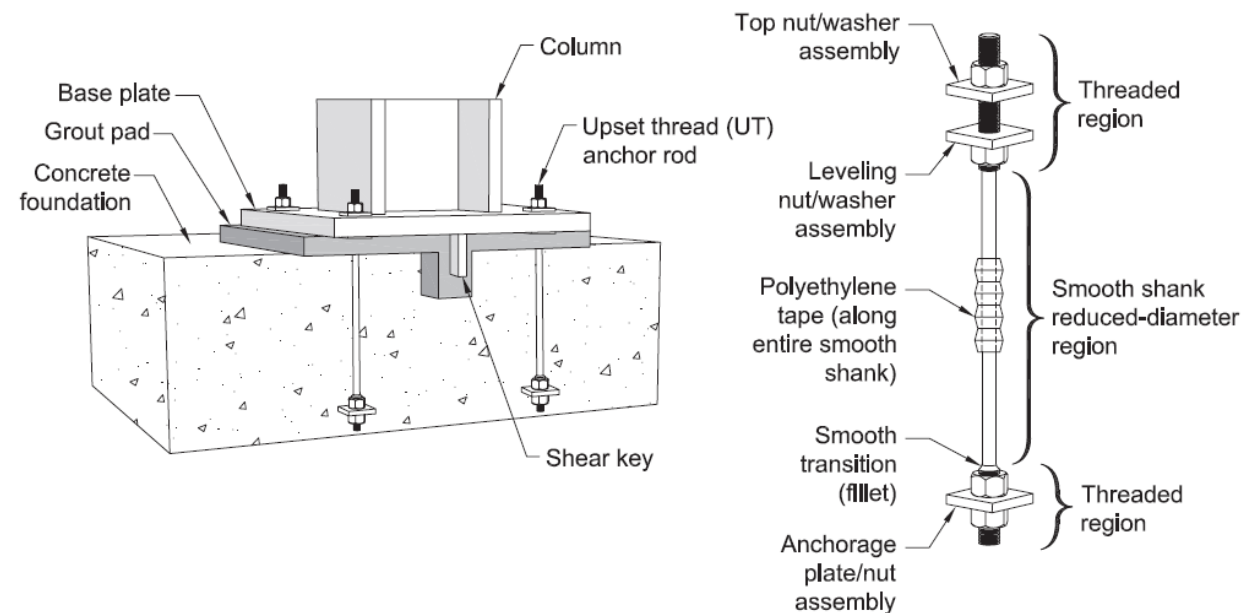


Fig. 6-1. Upset thread detail for weak-base seismic design.

Contact us



LINE ID **WeLoveSteelConstruction**: @wlsc



<https://www.facebook.com/WeLoveSteelConstruction>



<https://www.youtube.com/c/WeLoveSteelConstruction>



<https://construction-forum.ssi-steel.com/>



iOS: <https://apps.apple.com/th/app/ssi-steel-design/id1474838160>
Android:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ssibdt.ssisteeldesign&hl=en&gl=US>

